

Dual blade robot

Patent Number: ☒ US5838121
Publication date: 1998-11-17
Inventor(s): SUNDAR SATISH (US); COLBORNE KELLY (US); FAIRBAIRN KEVIN (US); LANE CHRISTOPHER (US)
Applicant(s):: APPLIED MATERIALS INC (US)
Requested Patent: ☒ JP10275848
Application Number: US19960752471 19961118
Priority Number(s): US19960752471 19961118
IPC Classification: B25J18/00 ; B65G49/07
EC Classification: H01L21/00S6D, H01L21/00S4D4
Equivalents:

RECD MAR 01 2002

Abstract

A multi-blade wafer handling device is provided to concurrently move two or more wafers through a vacuum processing system. The wafer handling device includes two motors magnetically coupled into a transfer chamber to move an arm assembly connected to a dual blade assembly. The preferred wafer handling device includes a first rotating member operated by the first motor, a second rotating member operated by the second motor, a blade assembly having at least first and second wafer blades wherein the wafer blades are co-planar, and an arm assembly connecting the first and second rotating members to the blade assembly.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-275848

(43) 公開日 平成10年(1998)10月13日

(51) Int.Cl.

識別記号

H 0 1 L 21/68

F I

H 0 1 L 21/68

A

B 2 5 J 11/00

D

B 6 5 G 49/07

B 2 5 J 11/00

B 6 5 G 49/07

C

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号

特願平9-315474

(22) 出願日

平成9年(1997)11月17日

(31) 優先権主張番号

08/752471

(32) 優先日

1996年11月18日

(33) 優先権主張国

米国 (US)

(71) 出願人 390040660

アプライド マテリアルズ インコーポレ
イテッド

APPLIED MATERIALS, I
NCORPORATED

アメリカ合衆国 カリフォルニア州
95054 サンタ クララ パウアーズ ア
ベニュー 3050

(72) 発明者

ケヴィン フェアベアン

アメリカ合衆国, カリフォルニア州,
サラトガ, スカリー アヴェニュー
12138

(74) 代理人

弁理士 長谷川 芳樹 (外4名)

最終頁に続く

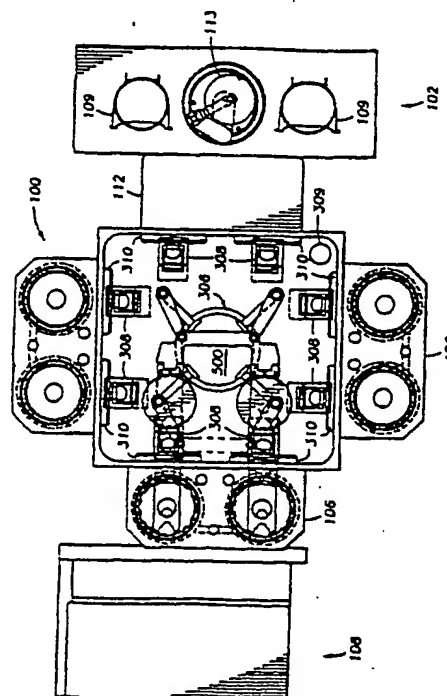
(54) 【発明の名称】

デュアル・ブレード・ロボット

(57) 【要約】

【課題】 真空処理システムを通じて1以上のウェハを
同時移動するためのウェハ・ハンドリング部材と方法を
提供する。

【解決手段】 真空処理システム内で2つ以上のウェハ
を同時に移動するマルチブレード・ウェハ・ハンドリン
グ装置を提供する。このウェハ・ハンドリング装置は搬
送室に磁気的に結合された2つのモータを含み、デュア
ル・ブレード・アセンブリに接続されたアーム・アセン
ブリを移動させる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 (a) 第 1 回転部材と、(b) 第 2 回転部材と、(c) 同一平面上にある第 1 および第 2 ウェハ・ブレードを少なくとも有するブレード・アセンブリと、(d) 前記第 1 および第 2 回転部材を前記ブレード・アセンブリに接続するアーム・アセンブリと、を含むウェハ搬送装置。

【請求項 2】 前記第 1 回転部材を回転する第 1 作動部材と、前記第 2 回転部材を回転する第 2 作動部材とをさらに含む請求項 1 記載の装置。

【請求項 3】 前記第 1 および第 2 作動部材が前記第 1 および第 2 回転部材に磁氣的に結合された請求項 2 記載の装置。

【請求項 4】 前記アーム・アセンブリが、前記ブレード・アセンブリに旋回可能に接続された第 1 および第 2 筋かい(strut)をそれぞれ有する 2 つのアームを含む請求項 3 記載の装置。

【請求項 5】 各アセンブリの前記 2 つのアームが旋回可能に接続された請求項 4 記載の装置。

【請求項 6】 (a) 第 1 作動部材と、(b) 第 2 作動部材と、(c) 前記第 1 作動部材に接続された第 1 アームと、(d) 前記第 2 作動部材に接続された第 2 アームと、(e) 第 1 および第 2 筋かいに接続され、2 つのウェハ座面が配置されたウェハ支持体、を含むウェハ・ハンドラ。

【請求項 7】 前記第 1 および第 2 アームが、第 2 筋かいに旋回可能に接続された第 1 筋かいを含む請求項 6 記載のウェハ・ハンドラ。

【請求項 8】 前記第 1 アームが前記第 1 作動部材と前記ウェハ支持体との間に配置され、前記第 2 アームが前記第 2 作動部材と前記ウェハ支持体との間に配置された請求項 7 記載のウェハ・ハンドラ。

【請求項 9】 前記ウェハ支持体が基部および前記基部から伸長する 2 つのウェハ・ブレードをさらに含む請求項 8 記載のウェハ・ハンドラ。

【請求項 10】 前記第 1 作動部材に接続された第 1 アクチュエータと、前記第 2 作動部材に接続された第 2 アクチュエータとをさらに含む請求項 9 記載のウェハ・ハンドラ。

【請求項 11】 前記第 1 および第 2 アクチュエータが可変速度を有する請求項 10 記載のウェハ・ハンドラ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、集積回路の製造において多数のウェハを同時処理する方法、およびそのためのシステムおよび個々のシステム構成部品を含む装置に関する。さらに詳しくは、本発明は、1 つ以上のユーティリティ、1 つ以上のロードロック室、およびロードロック室と処理室の両方に接続された搬送室を共用する 1 つ以上の処理室を有する多段型真空システム(staged vac

uum system)に関する。

【0002】

【従来の技術】「クラスタ・ツール」という用語は一般に、中央ウェハ・ハンドリング・モジュールおよび多数の周辺処理室を備えたモジュール式マルチチャンバ総合処理システムを指す。クラスタ・ツールは、高度な超小型電子デバイスを製造するための効果的で効率的な装置として、一般的に受け入れられるようになってきた。ウェハをクラスタ・ツールに導入すると、様々な処理室でウェハに一連の処理段階が順次行なわれ、集積回路が形成される。処理室間のウェハの移送は一般的に、中央搬送領域に位置するウェハ・ハンドリング・モジュールによって制御される。一般的にクラスタ・ツールは、枚葉式ウェハ処理型(single wafer processing)とバッチ式ウェハ処理型の 2 種類がある。枚葉式ウェハ処理型とは一般に、単一のウェハが処理のために配置されるチャンバ構成を指す。バッチ式ウェハ処理型とは一般に、複数のウェハを回転台上に配置し、回転台を 360° 回転しながら、これらのウェハをチャンバ内の様々な位置で処理するチャンバ構成を指す。バッチ処理用に構成されたクラスタ・ツールは、単一チャンバで複数のウェハ、一般的には 4 枚ないし 7 枚のウェハを、同時に処理することができる。

【0003】図 1 および図 2 は、市販されているバッチ処理システム 10 の例を示す。図 1 は、ノベラス社(Novellus Corporation)から入手できるバッチ処理型放射状クラスタ・ツールの略平面図である。このクラスタ・ツールは、処理のためにウェハを各々 6 枚づつ保持できる 2 つのバッチ処理室 12、13 を含む。搬送室 18 に配置された枚葉式ウェハ・ハンドリング・ロボット 16 を用いて、ウェハはロードロック室 20 から第 1 バッチ処理室 12 に 1 枚づつ移送され、第 1 バッチ処理室でウェハは順次回転台 22 上に受容された後、同一の処理段階を受ける。次いでウェハは 1 枚づつ第 2 バッチ処理室 13 に移送され、そこで追加の処理段階を受ける。一般的に、ウェハは一度に 1 枚づつシステムに装填され、チャンバに移送され、そこでウェハは、回転台上で 360° 回転しながら様々な位置で部分処理を受ける。

【0004】図 2 A および図 2 B は、マットソン・テクノロジー社(Mattson Technology)から入手できるバッチ処理用クラスタ・ツール 10 の略平面図および略側面図である。ロードロック室 20 および搬送室 18 は、搬送室内でウェハをステージに移載できる共通のウェハ・エレベータ 19 を有する。搬送ロボット 16 は、4 枚までのウェハを保持する化学気相成長(CVD)室などの処理室にウェハを搬送する。次いでウェハはウェハ・エレベータに戻され、最終的にツールから引出される。

【0005】上述のクラスタ・ツールで実行される処理をはじめとするバッチ処理の 1 つの欠点は、バッチ処理では、ウェハの中心部からウェハの周縁部までの堆積均

一性が、しばしば低くなることである。ウェハの堆積の均一性を得るためには、処理の均一性が重要である。バッチ処理システムの均一性の低さは、複数のウェハが単一の処理室内の複数のステーションで部分処理されることが、直接の原因である。

【0006】処理の均一性を改善する1つの代替的方法は、枚葉式ウェハ処理室を使用することである。枚葉式ウェハ処理方式では、単一のウェハが処理室に配置され、そこでウェハは別の位置に移動する必要が無く、堆積段階やエッチング段階などの処理段階が完全にウェハに実施されるので、処理の均一性に対する高度な管理が実現されると考えられる。さらに、枚葉式ウェハ処理室の構成部品は同心的に、またはその他の方法で単一のウェハと相対的に配置することができる。

【0007】図3は、複数の枚葉式ウェハ処理室12を装備したクラスタ・ツール10の略平面図を示す。図3に示すのと同様のクラスタ・ツールは、カリフォルニア州サンタクララのアプライド・マテリアルズ社 (Applied Materials, Inc.) から入手することができる。このツールはロードロック室20および搬送室18を備えており、搬送室18は、ウェハをシステム内の1つの位置から別の位置に、特に複数の枚葉式ウェハ処理室12間で移動するウェハ・ハンドリング・モジュール16を含む。この特定のツールは、搬送室を中心に放射状に配置された枚葉式ウェハ処理室12を4つまで収容する状態を示している。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】均一なウェハ処理および高度のスルーputを達成する真空処理システムの必要性がある。さらに詳しくは、枚葉式ウェハ構造をバッチ式ウェハ・ハンドリング技術と統合するために、協力的に作動する総合システムと処理室の必要性がある。フットプリント (footprint) / フェイスプリント (faceprint) が小さく、必要な資本投資や運転費が一般的なクラスタ・ツールより低いシステムを実現することが望ましい。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、真空処理システムを通じて1以上のウェハを同時移動するためのウェハ・ハンドリング部材と方法を提供する。本発明は一般的に、直接的カップリングのようなカップリングの他の部材がウェハ・ブレード・アッセンブリに結合された一対のアーム (arm)・アッセンブリに線状運動および回転運動を伝えるために使用されるが、移送室中で連結された、好ましくは磁気カップリングの使用を通して連結された、2つのモータを有するロボットを含む。ウェハ・ブレード・アッセンブリは好ましくは、並んだ配列に配置された少なくとも2つのウェハ・ブレードを有し、真空システムを通して2以上のウェハを同時に移送する。各アーム・アッセンブリは、好ましくは一対のかい (str

ut) からなり、一緒に蛙の足型ロボットを形成する。

【0010】

【実施の形態】本発明は一般に、複数のウェハを同時に処理し、枚葉式ウェハ処理室の利点とマルチウェハ・ハンドリングの利点とを結合して高品質ウェハ処理、ウェハ・スルーputの向上、およびシステムのフットプリントの縮小化を達成する、カセット・ツー・カセット方式の真空処理システムを提供する。本発明の1形態によるシステムは、処理後のウェハの冷却機能を兼ね備えたウェハをシステムに導入するためのロードロック室と、ウェハ・ハンドラを収容するための搬送室と、共通のガス供給源および共通の排気ポンプを共用することが好ましく相互に分離可能な2つ以上の処理領域を各々有する1つ以上の処理室とを一般に含む多段階真空システムであることが望ましい。分離可能とは、処理領域が隣接領域から分離された閉込めプラズマ・ゾーンを有し、それが排気システムを介して隣接領域と選択的に連絡可能であるという意味である。各処理室内の処理領域は、各処理領域におけるウェハ表面全体のプラズマ密度を均一にするために、別個のガス分配アセンブリおよびRF電源装置を装備することが望ましい。処理室は、少なくとも2つの領域で複数の分離されたプロセスを同時に実行できるように構成し、共有ガス源、共有排気システム、別個のガス分配アセンブリ、別個のRF電源装置、および別個の温度制御システムによって達成される高度のプロセス制御により、別個の処理領域で少なくとも2枚のウェハを同時に処理できるようにする。説明を簡単にするために、処理室内の処理領域という用語は、プラズマ処理が実行されるゾーンを示すために使用する。

【0011】図4ないし図7は、本発明の処理システム100を概略的に示す。システム100は、簡単に据え付けることができ運転を高速開始するメインフレーム構造101に支持され、必要な処理用ユーティリティを装備した自立システムである。システム100は一般に、4種類の領域を含む。すなわち、ウェハ・カセット109 (図8参照) を支持し、ウェハのロードロック室112への送込みおよびロードロック室からの取出しを行なう前置ステージング領域102と、ウェハ・ハンドラを収容する搬送室104と、搬送室104に取り付けられた一連のタンデム型処理室106と、システム100の動作に必要なガス・パネル103、配電盤105、および発電機107など、システム100の動作に必要な支持ユーティリティを収容する後部108の4種類である。システムは、CVD、PVDおよびエッチングなど様々なプロセスおよび支持チャンバ・ハードウェアを受け入れるように適応させることができる。以下で説明する実施例は、シラン処理などのOCVDプロセスを用いてけい素酸化物を堆積するシステムを対象とする。しかし、これらの他のプロセスも本発明によって意図されていることを理解されたい。

【0012】前置ステージング領域

図8は、1つ以上の処理用ウェハ・カセット109を支持するためにプラットフォーム110に回転可能に取り付けられた1つ以上のウェハ・カセット回転台111を有するステージング・プラットフォームを含む、システム100の前置ステージング領域102を示す。ウェハ・カセット109に収容されたウェハは、正面カバー139に配置された1つ以上の扉137（どちらも図6参照）からシステム100内に取り入れられる。ロボット等の前置ウェハ・ハンドラ113は、ウェハ・カセット回転台111およびロードロック室の扉209（図1参照）に隣接したステージング・プラットフォーム110上に設置する。前置ウェハ・ハンドラ113は、ロードロック室112内に配置されたロードロック・カセット内にウェハを装填する準備として、各ウェハ・カセット109内のウェハのインデクシングを行なうウェハ・マッピング・システムを含むことが望ましい。ウェハ・マッピング・システムを含む本発明のシステムで効果的に使用できる1つのウェハ・ハンドラとして、カリフォルニア州サニーベールのイクイップ・テクノロジーズ社（Equippe Technologies）の型式番号ATM107または105がある。ウェハ・マッピング・センサは、ウェハを処理するためにロードロック室112に配置する前に、カセット109内のウェハの数およびウェハの配向を検証する。前置システム領域の微粒子制御のために、ニューメキシコ州アルバカーキにあるエンバイロコ社（Enviroco Corporation）、カリフォルニア州サンラファエルにあるフランダース社（Flanders）、またはカリフォルニア州サンタアナにあるフィルトラ社（Filtral）から入手可能なULPAフィルタ等の排気システムを、プラットフォーム110の上部の支持棚115の底部に取り付ける。また、支持棚115の上部のモニタ棚119上に、オペレータがタッチ・コントロールできるコンピュータ・モニタ117を支持する。

【0013】ロードロック室

図9は、本発明のロードロック室112の1実施例の実際の側面斜視図である。ロードロック室112は側壁202、底部204、および蓋206を含む。側壁202は、ウェハを真空システム100に取り入れたり真空システムから取り出すためのロードロック装填口208を画成する。側壁202の装填口208の反対側に、ウェハをロードロック室112から搬送室104（図示せず）に移送させるための通路210、212を配置する。隔離または多段真空を所望する場合は、スリット弁およびスリット弁アクチュエータを使用して通路210、212を密閉する。ロードロック室112の保守作業や外観検査を行なうための保守作業口214および保守作業用扉または窓216をロードロック室112の一方の端部に配置する。

【0014】ウェハ・ハンドラがウェハ間を通過して、

ウェハをロードロック・カセット218に取り込んだり取り出すことができるように、ロードロック室112内で間隔をおいた関係にウェハを支持するロードロック・カセット218を、ロードロック室112内に配置する。ロードロック・カセット218は、ウェハ座面220上に横並びに2つ以上のウェハを支持することが望ましい。ウェハ座面220は、可動軸224上に間隔をおいた関係に支持されたカセット・プレート222上に形成する。プレート222は陽極酸化アルミニウムで形成し、垂直方向に約0.6インチづつ間隔をおいて配置したウェハを約14枚まで取り扱えるようにすることが望ましい。図9に示す実施例では、6列のウェハ座面220を設け、合計12枚のウェハを支持する。

【0015】各ウェハ座面220は少なくとも2つの溝226を画成し、そこに支持レール228を配置し、ウェハ座面220の上部にウェハを支持することにより、ウェハの下部に冷却ガスの通路を設ける。好適な実施例では、セラミックで形成した少なくとも2本のレール228を設けてウェハを支持するが、それ以上のレールを使用することもできる。ウェハは、セラミック・レール228によりウェハ座面220より約1ないし15mils上に支持され、ウェハの均等な冷却が達成される。

【0016】ロードロック室112の底面204を貫通するように配置した軸224は、ロードロック室112内のカセット・プレート222を支持する。ロードロック室112の底面204の下に配置したステップ・モータやその他のエレベータ・システム等のモータは、軸224をロードロック室112内で上下方向に動かすことにより、1対のウェハを、ロードロック室112に取り込んだりそこから取り出すために、ウェハ・ハンドラの位置と整列させる。

【0017】図10は、正面部を取り外した状態のロードロック室112の側面図である。カセット・プレート222は、プレート222を支持する軸が伸長する中心部分230を含む。カセット・プレート222の外縁部は、ピン234でプレートに固定されたスペーサ232によって間隔をおいた関係に支持する。各プレート222に中央溝236を設け、ウェハが座面220に支持されているときに、ロボット・ブレードがウェハの下を通過するためのスロットを形成する。

【0018】図11は、ロードロック室112の正面斜視図である。ウェハ装填用扉209および扉アクチュエータ238は、閉じた密閉された位置で示されている。ウェハ装填用扉209は、可動軸240上の扉アクチュエータ238に接続されている。扉209を開ける場合、アクチュエータ238が傾斜して側壁202から離れ、扉209の密閉が解除され、次いで軸240が下降し、扉209に隙間ができ、装填口208（図9参照）が開く。本発明で効果的に使用できる1つの扉用アクチュエータは、スイスにあるVAT社から入手することが

できる。

【0019】フレーム101上のロードロック室112および搬送室104の隣接位置に、ロードロック室および搬送室を真空排気する内蔵真空ポンプ121を設置する。ロードロック室112の底面を通して排気口280を配置し、排気管路704を介してポンプ121に接続する。ポンプは、振動が非常に少なく、ミリトル(milli Torr)圧力を達成できる高真空ターボ・ポンプが望ましい。効果的に使用できる1つの真空ポンプは、エドワード・ハイ・バキューム(Edward High Vacuum)社から入手することができる。

【0020】搬送室104は、1対のスリット弁閉閉通路210、212を開けて、ロードロック室112に位置する排気口280を介してガスを吸い出すことにより、ロードロック室112を介して真空排気することが望ましい。ロードロック室112を介してシステムからガスを連続的に排出することにより、ガス結合微粒子(gas-bound particle)は搬送室102内に捕引されない。さらに、大気圧までの通気を促進するために、ロードロック室にガス・ディフューザ231を配置する。ガス・ディフューザ231は、ロードロック室に配置され、N₂パージ・ガス管路などのガス・パージ管路に接続された導管を使用することが望ましい。ガス・ディフューザ231は、ディフューザの長さに沿って配置された複数のポート233を介して、だんだん大きくなる表面積に沿ってパージ・ガスを分配し、それによってロードロック室を大気圧まで通気するのに必要な時間を短縮する。本発明の真空システムについては、後で詳しく説明する。

【0021】デュアル・ポジション・ロードロック室
図12は、本発明のロードロック室112の別の実施例の断面斜視図である。ロードロック室112は室壁202、底面204、および蓋206を含む。ロードロック室112は、2つの分離した環境あるいは仕切室242、244および搬送領域246を含む。仕切室242、244は、各仕切室にウェハ・カセットを含み、その中にウェハを支持する。各仕切室242、244は、仕切室242、244の底部と頂部を画成する支持プラットフォーム248および頂部プラットフォーム250を有する。プラットフォーム248、250を間隔をおいた位置関係に支持するために、仕切室242、244内に垂直に支持壁252を配置することができる。搬送領域246は、ロードロック室112から搬送室104(図示せず)へのアクセスのための1つ以上の通路192を含む。通路192は、スリット弁およびスリット弁アクチュエータを使用して開閉することが望ましい。

【0022】仕切室242、244はそれぞれエレベータ・シャフト224に接続し、ロードロック室内で仕切室を上下方向に移動させるために、各仕切室はそれぞれステップ・モータまたは類似物などのモータに接続す

る。仕切室242の支持プラットフォーム248のための密閉表面を設けるために、ロードロック室112内の周縁部に密閉フランジ256を配置する。仕切室244の支持プラットフォーム250のための密閉表面を設けるために、密閉フランジ258を同様に配置する。仕切室242、244は密閉フランジ256、258によって相互に隔離し、ロードロック室112内に独立した多段真空の仕切室を242、244を設ける。

【0023】空間260、262には、そこに配置された真空口により、後部圧力が維持される。プラットフォーム248、250が密閉フランジ256、258で密閉されるのを補助するために、空間260、262を高真空状態にすることができるように、排気管路264を介して空間260、262に真空ポンプを接続する。動作中、仕切室242、244は、図12に示す位置で装填したり排出することができる。上述のような装填用扉209およびアクチュエータ238(図11参照)を、仕切室242、244に対応するロードロック室112の上限および下限位置の正面壁(図示せず)に設ける。選択された仕切室の圧力は、ウェハを仕切室に装填した後で、排気管路287、289を介して減圧し、選択仕切室を搬送領域246に移動する。仕切室242、244は、ステップ・モータにより個々に独立して搬送室246に移動する。上下仕切室242、244を設ける利点は、1組のウェハの処理を行なう間に、第2組のウェハを他の仕切室に装填することができること、および仕切室を搬送領域246に移動して搬送室104と連絡することができるように、仕切室を適切な圧力まで減圧することができることである。

【0024】ウェハ中心位置決め

図8は、ウェハをウェハ・カセット109からロードロック室112へ搬送したり、ロードロック室112から搬出するためのウェハ搬送ブレードを含むシステム100の前部102に位置するウェハ・ハンドリング・ロボット113を示す。ウェハは必ずしも常に各ウェハ・カセット109内の厳密に同じ位置にあるわけではなく、したがって、ロードロック・カセット218内に搬送されるときに、常にブレード上に同じように配置されるわけではない。したがって、ウェハがロードロック・カセットに装填される前に、ロボット・ブレード上のウェハの正確な位置を決定し、制御コンピュータに送信しなければならない。ウェハの正確な中心位置を知ることにより、コンピュータはブレード上の各ウェハの位置の変動を調整し、ロードロック・カセット218における所望の位置に正確にウェハを配置することができるので、搬送室のウェハ・ハンドラは、最終的に、処理室106内でウェハを正確に配置することができる。

【0025】ウェハ位置データ(ウェハの中心座標が望ましい)を提供し、ロボットがロードロック・カセット218内でウェハを正確に配置することを可能にする光

感知システム170を、前部102の各カセット回転台111に隣接する位置に設ける。各システムは、ロボット・ブレードの経路に対し垂直な線に沿ってカセット回転台111に隣接するC字形クランプ174の下部支持体173に取り付けた3つの光センサ172、およびC字形クランプ174の上部支持体177に、対応するセンサの位置に合わせて配置した3つの光エミッタ176から成り、センサが対応する光エミッタからの光線を捕らえるようにする。一般的に、各対は従来の赤外エミッタおよび赤外センサで構成される。

【0026】センサの出力は、対応するアナログ・デジタル変換器でデジタル信号に変換して、システム・コンピュータに入力し、ウェハがロードロック室112に送り込まれるときにウェハの中心座標を計算したり、ロボット113が各ウェハをロードロック・カセット218内に正確に配置できるように、必要に応じてロボット駆動モータの動作を制御するのに利用する。感知およびモータ制御回路機構の詳細は、チェン(Cheng)らの米国特許第4,819,167号にさらに詳しく記述されており、これを参照によってここに組み込む。

【0027】搬送室

図13は、本発明の処理システム100の平面図である。搬送室本体は側壁302および底面304を含み、アルミニウムなどの1枚の材料から機械加工またはその他の方法で作成することが望ましい。動作中は、蓋(図示せず)を側壁302で支持し、真空エンクロージャを形成する。搬送室104の側壁302は、処理室106およびロードロック室112を支持する。側壁302は両側にそれぞれ少なくとも2つの通路310を定義し、そこからシステム内の他のチャンバにアクセスする。各々の処理室106およびロードロック室112は、1つ以上のスリット弁開口部およびスリット弁を含み、これにより処理室とロードロック室と搬送室との間の連絡が可能になり、またこれらの各室内における環境の真空隔離が達成され、システム内の多段真空が可能になる。搬送室104の底面304は中央通路306を形成し、その中をロボット・アセンブリなどのウェハ・ハンドラ500は伸長し、搬送室の底面に装着される。さらに底面304は、1つ以上のスリット弁アクチュエータが伸長して密閉可能に装着するための複数の通路308をも画成する。真空排気中にバージ・ガスを供給するガス・バージ口309も、搬送室104の底面304に配置する。

【0028】図14は、搬送室の部分断面図である。側壁302に配置された通路310は、2つの個別スリット弁またはタンデム・スリット弁アセンブリを用いて開閉することができる。通路310を処理領域618、620(図15参照)のウェハ通路610と合致させ、ウェハを処理室106の処理領域618、620内に送り込み、ウェハ・ヒータ・ベDESTAL628上に配置でき

るようにする。

【0029】スリット弁をスリット弁の制御方法は、テプマン(Tepman)らによる米国特許第5,226,632号およびロリマー(Lorimer)による米国特許第5,363,872号に開示されており、両方とも参照によってここに組み込む。

【0030】搬送室のウェハ・ハンドラ

図15は、本発明の磁気結合型ロボット500が、搬送室104内で自由に回転するための引っ込んだ位置にある状態を示す平面図である。ウェハを1つのチャンバから他のチャンバに搬送するために、デュアル・ウェハ・ハンドリング・ブレード520、522を有するロボットを、搬送室104内に配置する。改造して本発明に効果的に使用できる「超高生産性」(VHP)型ロボットは、「2軸磁気結合型ロボット(Two-axis Magnetically Coupled Robot)」と称する1995年11月21日発行の米国特許第5,469,035号の主題であり、これを参照によってここに組み込む。磁気結合ロボット500は、2つの真空ハブ(hub)(磁気クランプという)とデュアル・ウェハ・ブレード520、522の間に結合された蛙の足型アセンブリを含み、固定された平面内でロボット・ブレードの放射方向と回転方向の運動の両方を提供する。システム100内の1つの場所から別の場所へ、例えば1つの処理室106から別の処理室へ、ウェハを拾い上げて搬送し、送り込むために、放射方向の運動および回転運動を統合または結合することができる。

【0031】ロボットは、第1磁石クランプ524の位置525にしっかりと取り付けられた第1筋かい(strut)504、および(第1磁石クランプ524の下に同軸的に配置した)第2磁石クランプ526の位置527にしっかりと取り付けられた第2筋かい506を含む(図17も参照されたい)。第3筋かい508を旋回軸510によって筋かい504に取り付け、旋回軸518によってウェハ・ブレード・アセンブリ540に取り付ける。第4筋かい514を旋回軸516によって筋かい506に取り付け、旋回軸512によってウェハ・ブレード・アセンブリ540に取り付ける。筋かい504、508、506、514および旋回軸510、512、516、518の構造は、ウェハ・ブレード・アセンブリ540と磁石クランプ524、526との間の「蛙の足」型接続を形成する。

【0032】磁石クランプ524、526が同一角速度で同一方向に回転すると、ロボット500も軸Aを中心に同一速度でこの同一方向に回転する。磁石クランプ524、526が同一絶対角速度で反対方向に回転すると、アセンブリ500の回転は発生しないが、その代わりにウェハ・ブレード・アセンブリ540が、図16に示す位置まで放射方向の直線運動を行なう。

【0033】ウェハ・ブレード・アセンブリ540に載

置された2枚のウェハ502が図示されており、個々のウェハ・ブレード520、522が搬送室104の側壁302の個々のウェハ通路310内を伸長し、ウェハを処理室106の処理領域618、620に送り込んだり、そこから取り出すことができることを示す。磁気結合型ロボット500は、2つのモータの相対速度に対応する磁石クランプ524、526の相対的回転運動によって制御される。第1動作モードでは、両方のモータが磁石クランプ524、526を同一速度で同一方向に回転させる。このモードは磁石クランプの相対運動を生じないので、ロボットは単位中心軸Aを中心に、一般的に、1対の処理領域618、620とのウェハ交換に適した位置から別の対の処理領域とのウェハ交換に適した位置まで回転する。さらに、完全に引っ込んだロボットが中心軸Aを中心に回転するとき、ウェハの縁に沿った最外部のラジアル・ポイント548が、ロボットを回転するために必要な最小円形領域550を定義する。磁気結合型ロボットには第2動作モードもあり、このモードでは、両方のモータが磁石クランプ524、526を同一速度で反対方向に回転させる。この第2モードは、ウェハ・ブレード・アセンブリ540のウェハ・ブレード520、522を通路310を通して処理領域618、620内へ伸長するため、または逆にそこからブレードを引っ込めるために使用する。モータの回転の他の組み合わせを用いて、ロボット500が軸Aを中心に回転するとき、ウェハ・ブレード・アセンブリ540の同時伸長または同時引込みを行なうこともできる。

【0034】ウェハ・ブレード・アセンブリ540のウェハ・ブレード520、522を回転軸Aから半径方向に離れさせておくために、旋回支軸またはカム512と518の間に運動機構を使用して、各旋回支軸の反対方向の均等な角回転を確実にする。運動機構は、かみ合わせ歯車や、8の字形または同等のパターンで旋回支軸に掛けられた帯（ストラップ）をはじめ、多くの設計を採用することができる。1つの好適な運動機構は、ウェハ・ブレード・アセンブリ540の旋回支軸512、518に結合され、その間に伸長する1対の帯金542、544である。帯542、544は協動して、旋回支軸512、518の周囲に8の字形のパターンを形成する。しかし、帯542、544は、個別に調整可能であって相互に上下に配置することが望ましい。例えば、第1帯542の第1端は旋回支軸512の後側を通り、そこに固定的に結合する一方、第2端は旋回支軸518の前側を通り、そこに調整可能に結合する。同様に、第2帯544の第1端は旋回支軸518の後側を通り、そこに固定的に結合する一方、第2端は旋回支軸512の前側を通り、そこに調整可能に結合する。帯と旋回支軸512、518の前側との間の調整可能な結合には、帯に厳密な張力を掛けるばねを設けることが望ましい。いったん張力がかかると、帯の端部はねじまたはその他の締め

金具により、適切な位置にしっかりと保持される。図15および図16には、帯がU字形のデュアル・ブレードの基部で、ロッド546にも掛けられている状態が示されている。

【0035】図16は、図15のロボット・アームおよびブレード・アセンブリが伸長した位置にある状態を示す。この伸長は、磁石クランプ526を時計方向に、磁石クランプ524を反時計方向に、同時に均等な速度で回転することによって達成される。ウェハ・ブレード・アセンブリ540の個々のブレード520、522は、通路310を通して伸長し、ペDESTAL628（図19参照）上でウェハ502をセンタリングするのに十分な長さである。ウェハ502が1対のリフト・ピン・アセンブリによってブレードから持ち上げられた後、ブレードは引っ込められ、通路が上述の通り、スリット弁およびアクチュエータによって閉じられる。

【0036】図17は、搬送室104の底面304の中央開口部306に取り付けられたロボット駆動システムの断面図である。磁気結合型アセンブリは、磁気保持リング524、526が中心軸Aを中心に回転するように構成し、それによってウェハ・ブレード・アセンブリ540のシステム内における回転運動および直線運動の両方を起動させる駆動機構を設ける。さらに、磁気結合型アセンブリは、搬送室104内における可動部の接触を最小限に止めながら、磁気保持リング524、526の回転運動を達成し、微粒子の発生を最小限に抑制する。この実施例では、ロボットの機能は、搬送室104の上部または下部、望ましくは下部に配置されたハウジング内に第1および第2ステップ・モータまたはサーボ・モータを設置し、モータの出力を、薄壁560の内部にまたはそれに隣接して配置した磁気リング・アセンブリに結合することによって達成される。薄壁560は、搬送室の内部を搬送室外の環境から密閉するために、搬送室104の上部壁または下部壁の接続部に接続する。磁気保持リング524、526は、搬送室104の真空側の薄壁560に隣接する位置にそれを取り巻くように配置する。

【0037】第1モータの出力562は第1軸572およびかみ合わせ歯車580を駆動し、第1磁気保持リング524に磁気的に結合された第1磁石リング・アセンブリ582を回転させる。第2モータの出力564は第2軸586およびかみ合わせ歯車590を駆動し、第2磁気保持リング526に磁気的に結合された第2磁石リング・アセンブリ592（アセンブリ582の周囲に配置された同軸円筒形部材）を回転させる。各モータの回転により、薄壁560を介して回転出力を磁気保持リング524、526に磁気的に結合する磁石リング・アセンブリ582、592を回転させる回転出力562、564が得られ、それによって筋かい504、506がそれぞれ回転し、ウェハ・ブレード・アセンブリ540の

回転運動および平行移動運動が生じる。

【0038】各磁気リング・アセンブリをそれぞれの磁気保持リングに結合するために、各磁気リング・アセンブリ582、592および磁気保持リング524、526は、壁560を介して相互に対をなす同等の複数の磁石を含むことが望ましい。磁気結合効果を高めるために、磁石はその磁極を垂直方向に整列し、磁極片が結合される隣接磁石に向かって伸長するように配置することができる。結合された磁石は磁気により急激に回転(flip)するので、薄壁部分のどちらか一方の側に配置された各対の磁極片に北極と南極の結合が発生する。磁気的結合が望ましいが、モータと保持リングの直接結合を使用することもできる。

【0039】ロボットの最適経路軌跡

ウェハを搬送する間のロボット500の運動は第一に、ウェハとウェハを掴むデュアル・ウェハ・ブレード520、522との間の摩擦に対する依存性によって制限される。ウェハのミスアラインメント(位置ずれ)を避けるために、各ウェハ・ブレード520、522の直線運動および回転運動は両方とも制御しなければならない。ロボットの運動は、ウェハのミスアラインメントを防止しながら生産性を向上するために、最小限のウェハ移送時間を達成するように最適化することが望ましい。

【0040】ロボットの運動の最適化は、任意のロボット構成における2つ以上の位置間の最短時間経路を発見するための数学的方法を提示した、Z. Shiller and S. Dubowsky, "Time Optimal Path Planning for Robotic Manipulators with Obstacles, Actuator, Gripper and Payload Constraints", International Journal of Robotics Research, pp. 3-18, 1989 およびZ. Shiller and H. H. Lu, "Comparison of Time-Optimal Motions Along Specified Path", ASME Journal of Dynamic Systems, Measurements and Control, 1991 などの出版物に記述されている。この方法は一般に、特定の経路の数学的近似化、最適速度分布の計算、および経路パラメータを変化させることによる最適経路の計算を含み、既知の制約範囲内でロボットが指定経路に従うために必要な最短時間を決定する。

【0041】ロボットの運動の最適化の数学的解法は、複数の代数方程式および非線形微分方程式または非線形行列微分方程式の解を含み、コンピュータを利用して解くことが望ましい。しかし、最適化法の熟練者は、行列または方程式を解かなくてもより最適な経路をしばしば明らかにすることができる。

【0042】上述のロボット500を使用するウェハの動きの最適化により、本発明の処理システムの生産性を著しく向上すると予想される幾つかの最短時間経路の定義が得られた。その最短時間経路を図26ないし図29に示す。図26は、処理プラットフォームに180°離して配置された処理空間をウェハが移動する場合の最適

経路1500、1502、1504を示し、図27は、デュアル・ウェハ・ブレード520、522上のウェハが取る経路1502と1504の間の中間の経路1500の最適速度分布を示す。図28は、処理プラットフォーム上に90°離して配置された処理空間をウェハが移動する場合の最適経路1510、1512、1514を示し、図29はデュアル・ウェハ・ブレード520、522上のウェハが取る経路1512と1514の間の中間の経路1510の最適速度分布を示す。

【0043】図27および図29はまた、ウェハがデュアル・ウェハ・ブレード520、522に載置されていないときに、経路1500、1510に沿ってロボット500が達成できる最大速度をも示す。ロボット500は、搬送室104を介してウェハを移送するときに、デュアル・ウェハ・ブレード520、522が図26ないし図29に示す最適速度分布を用いて最適経路に従うように制御することが望ましい。

【0044】処理室

図18は、本発明のタンデム処理室106の1実施例の斜視図である。処理室本体602は搬送室104に取り付けるかその他の方法で接続され、2つの処理領域を備えており、そこで個々のウェハが同時に処理される。処理室本体602は、本体602にヒンジで取り付けられた蓋604を支持し、反応ガスおよびクリーニング・ガスを複数の処理領域に送り込むために、蓋を貫通して配置された1つ以上のガス分配システムを含む。

【0045】図19は、2つの処理領域618、620を定義する処理室106の略断面図である。処理室本体602は、側壁612、内壁614、および2つの処理領域618、620を定義する底壁616を含む。底壁616は各処理領域618、620に少なくとも2つの通路622、624を画成し、これらの通路内にベDESTAL・ヒータ628の心棒(ステム)626およびウェハ・リフト・ピン・アセンブリのロッド630をそれぞれ配置する。ベDESTAL・リフト・アセンブリおよびウェハ・リフトについては、後で詳述する。

【0046】側壁612および内壁614は、2つの円筒形状処理領域618、620を画成する。処理領域618、620からガスを排出し、各領域618、620内の圧力を制御するために、円筒形状処理領域618、620を画成する処理室の壁に円周方向の真空排気路(pumping channel)625を形成する。各処理領域の横方向の境界を画成し、処理室の壁612、614を腐食性処理環境から保護し、かつ電極間の電氣的に絶縁されたプラズマ環境を維持するために、望ましくはセラミックまたは類似物で形成された処理室のライナまたはインサート627を各処理領域618、620に配置する。ライナ627は、各処理領域618、620の壁612、614に形成された処理室内の棚に支持する。ライナは、そこを貫通して配置され、処理室の壁に形成さ

れた真空排気路625と連絡した複数の排気口631または円周方向のスロットを含む。各ライナ627に約15°の間隔で約24個の排気口631を、処理領域618、620の周囲に配置することが望ましい。24個の排気口が望ましいが、所望の排気速度および均等性を達成するために任意の数の排気口を使用することができ、処理中にウェハ上に最適ガス流パターンを得るために、排気口の数だけでなく、ガス分配システムの面板に対する排気口の高さも制御する。

【0047】図21は、本発明の排気システムを示す処理室の断面図である。各処理領域618、620の真空排気路625は、共通の排気路619を介して共通の排気ポンプに接続することが望ましい。排気路619は、排気導管621により各領域618、620の真空排気路625に接続する。排気路619は、排気管路（図示せず）により排気ポンプに接続する。各領域はポンプで選択した圧力まで真空排気し、接続された排気システムは各領域内の圧力を均等化できることが望ましい。

【0048】再び図19に関連して、ガスを望ましくは同一ガス源から処理領域618、620に分配するために、各々の処理領域618、620は、処理室の蓋604を貫通して配置されたガス分配アセンブリ608を含むことが望ましい。各処理領域のガス分配システム608は、ガスをシャワー・ヘッド・アセンブリ642に送り込むガス入口通路640を含む。シャワー・ヘッド・アセンブリ642は、面板646との中間に配置されたブロック・プレート644を有する環状台板から成る。RFフィードスルーはシャワー・ヘッド・アセンブリにバイアス電圧を供給し、シャワー・ヘッド・アセンブリの面板646とヒータ・ペDESTAL628との間におけるプラズマの発生を促進する。各ガス分配システム608の台板648には、動作中に台板を冷却するための冷却溝652を形成する。入口655は、水などのような冷却流体を、冷却管路652により相互に接続された溝652に送り込む。冷却流体は、冷却材出口659を介して溝から排出される。または、代替的に、マニホルドを介して冷却流体を循環させる。

【0049】処理室本体602は、選択されたプロセスに適した各反応ガスおよびクリーニング・ガスをガス分配システムを介して処理室内に送り込むための複数の垂直ガス流路を画成する。処理室の壁に形成されたガス流路をガス入口管路639に接続するために、ガス入口接続部641を処理室106の底部に配置する。図21に示す蓋を密閉接続するために、処理室の壁の上部表面に形成された各ガス流路の周囲にOリングを設ける。蓋は、処理室の壁の下部から、図20に示す処理室の蓋の頂部に配置されたガス入口マニホルドに、ガスを送り込むためのマッティング通路を含む。反応ガスは、電圧勾配フィードスルー672を介して、ガス分配アセンブリに接続されたガス出口マニホルド674に送り込まれる。

【0050】ガス入口マニホルド670は、処理室ガス・フィードスルーから接地された定電圧勾配ガス・フィードスルーにガスを運ぶ。ガス供給管（図示せず）は、電圧勾配ガス・フィードスルー672を介して出口マニホルド674へ処理ガスを通し、あるいは送り込む。フィードスルー間に線形電圧降下をもたらすために、抵抗性スリーブでガス供給管の周囲を取り囲み、処理室内のプラズマがガス供給管路内を上昇するのを防止する。ガス供給管は石英で形成することが望ましく、スリーブは複合セラミックで形成することが望ましい。ガス供給管は、温度を制御し、熱の放射を防止し、また処理ガスの液化をも防止する冷却材溝が含まれる分離ブロック（isolating block）内に配置する。分離ブロックはデルリン（Delrin）で形成することが望ましい。石英供給管は、処理ガスをブロック・プレート644およびガス分配板647に通すガス出口マニホルド674へガスを送り込む。

【0051】ガス入口マニホルド670（図20参照）は、クリーニング・ガスを処理室ガス・フィードスルーから遠隔プラズマ源まで送り込む通路をも定義する。これらのガスは、電圧勾配フィードスルーを迂回し、遠隔プラズマ源に送り込まれ、そこでガスは活性化されて様々な励起核種を生じる。次いで励起核種は、ガス入口通路640に配置された導管を通して、ブロック・プレートの真下の位置のガス分配板へ送り込まれる。遠隔プラズマ源および反応性クリーニング・ガスの送込みについては、後で詳述する。

【0052】各処理領域のガス分配システムにガスを供給するガス管路639は、単一ガス源に接続することが望ましく、したがって各処理領域618、620にガスを送り出すためにガス管路639を共有するか、あるいは共通制御することが望ましい。処理ガスをマルチゾーン処理室に供給するガス管路は、複数の処理領域に供給するためにT形継手により分流する。各処理領域に供給する個々の管路への流れを促進するために、PALI社またはミリポア社から入手可能な焼結ニッケル・フィルタなどのフィルタを、分流器の上流のガス管路に配置する。フィルタは、別個のガス供給管路へのガスの均等な分配および流れを向上する。

【0053】ガス分配システムは台板から成り、台板の下部表面に隣接して配置されたブロック・プレートを備えている。ブロック・プレートの下には、ガスを処理領域に送り込む面板を配置する。1つの実施例では、処理ガスをブロック・プレートの真上の領域に送り込むために、台板はそれを貫通するガス流路を画成する。ブロック・プレートはその上部表面全体に処理ガスを分散し、面板の上にガスを送り込む。ブロック・プレートの穴は、処理ガスの混合および面板における分配を促進するような大きさおよび配置とすることができる。面板に送り込まれたガスは次いで、処理領域内の処理のために配

置されたウェハ上に均等に送り込まれる。

【0054】ガス供給管はガス流路内に配置し、一端を遠隔プラズマ源からの出口に接続する。ガス供給管の一端は、ガス出口マニホールドを介して伸長し、遠隔プラズマ源からガスを送り込む。ガス供給管の他端はブロック・プレートを通って配置され、ブロック・プレートを越えて面板の真上の領域にガスを送り込む。面板は、ガス供給管路を介して送り込まれたガスを分散し、次いでガスを処理領域に送り込む。

【0055】これは好適なガス分配システムであるが、遠隔プラズマ源からのガスは、処理室の壁内に設けたポートを介して処理領域に導入することもできる。さらに、処理ガスは、現在入手可能なガス分配システム、例えばカリフォルニア州サンタクララのアプライド・マテリアルズ社 (Applied Materials) から入手可能なガス分配システムなどを介して送り込むこともできる。

【0056】ヒータ・ベDESTAL

図19は、支持板の下側に接続され、処理室本体の底面を通って伸長し、そこで駆動システム603と接続された心棒626により、各処理領域618、620に可動配置されたヒータ・ベDESTAL628を示す。心棒626は、上端をベDESTAL628の下側を支持接触するように配置し、下端をカバー・プレートで閉じた、円形環状のアルミニウム部材とすることが望ましい。心棒の下端は碗形スリーブで受容し、これは心棒と駆動システムの接続部を形成する。心棒626はヒータ・ベDESTALを機械的に処理領域内に配置し、また複数の加熱板接続部がそこを通過して伸長できる大気通路 (ambient passageway) をも形成する。各ヒータ・ベDESTAL628は、そこに配置されたウェハを所望の処理温度まで加熱する発熱体を含むことができる。発熱体は、例えば抵抗性発熱体を含むことができる。代替的に、ヒータ・ベDESTALは、ランプなどの外部発熱体によって加熱することもできる。本発明で効果的に利用できるベDESTALは、カリフォルニア州サンタクララのアプライド・マテリアルズ社から入手することができる。ベDESTALは、処理中にウェハをそこに固定するために、静電チャック、真空チャック、またはその他のチャック装置を支持することもできる。

【0057】駆動システムは、カリフォルニア州ノバポにあるインダストリアル・デバイス社 (Industrial Device Corporation) で製造された線形電動アクチュエータ (linear electric actuator) を含む。ヒータ・アセンブリは、搬送ハウジングを処理位置、クリーニング位置、リフト位置、および解放位置にまで上下移動させることにより、上下に移動する。搬送ハウジングは、片側をアクチュエータに接続し、反対側はキャリッジ・プレートを通じて線形スライドに接続する。アクチュエータとキャリッジの間の接続は、ミスアラインメントを許容するために、たわみ (ボールおよびソケット) 継手を介

して行なわれる。線形スライドおよびキャリッジ・プレートは、その回転や曲げを防止するために、相互にバイアスする。ヒータの心棒の周囲をベローで囲み、ベローの一端を処理室の底面に接続し、他端を搬送ハウジングに接続する。心棒の溝にはシール・リングを設け、スリーブ内の心棒の下端の外部表面を密閉する。面板に対するヒータの高さ調整は、3つのねじを用いて行なう。

【0058】代替的に、処理室106の下に吊り下げられ駆動ベルトないし適合可能な継手および親ねじアセンブリに接続された、モータおよび減速歯車アセンブリを含む駆動システム603を使用する。搬送ハウジングは親ねじアセンブリ上に受容し、これは線形スライドにより上下に案内され、回転しないように保持される。ヒータ・リフト機構は、駆動経路により処理室に対抗して保持される。ヒータ・アセンブリは、ステップ・モータにより駆動される親ねじによって上下移動する。ステップ・モータは、モータ・ブラケットによってヒータ・リフト・アセンブリに取り付ける。ステップ・モータはベロー内で親ねじを駆動する。ベローは親ねじを回転して、ヒータ・アセンブリを処理位置、リフト位置、および解放位置にまで上昇または下降させる。心棒の溝にはシール・リングを設け、スリーブ内の心棒の下端の外部表面を密閉する。

【0059】ウェハ配置アセンブリ

心棒626が処理室内で上下に移動することにより、ヒータ・ベDESTAL628が移動し、処理のためにウェハがその上に載置されたり、そこからウェハが取り出される。ウェハ配置アセンブリは、ヒータ・ベDESTAL628に対し垂直方向に移動し、ベDESTALを垂直方向に通って配置された穴653に受容された複数の支持ピン651を含む。各ピン651は、球状の下部661で終端する円筒形の軸659、および軸の外方延長として形成された円錐形の上部を切りつめた頭部663を含む。ヒータ・ベDESTAL628の穴653は、円錐形の頭部663をその中に受容できる大きさの上部座ぐり部分を含むので、ピン651がヒータ・ベDESTAL628内に完全に受容されたときに、頭部がヒータ・ベDESTALの表面から上に突出しない。

【0060】リフト・ピン651は、ベDESTALが処理領域内で移動するときに、部分的にはヒータ・ベDESTAL628と一緒に、部分的にはヒータ・ベDESTAL628とは独立して移動する。ロボット・ブレードが処理領域からウェハを取り出すことができるように、リフト・ピンはベDESTAL628の上にまで伸長することができるが、処理のためにウェハをベDESTALの上部表面に載置するために、ベDESTALまで降下することも必要である。ピン651を動かすために、ウェハ配置アセンブリは、リフト・ピン651の球状下部661と係合するように構成された環状ピン支持体655、および処理領域内のヒータ・ベDESTAL628の位置によってピン支持

体 655 を選択的にリフト・ピン 651 と係合するように配置する駆動部材を含む。ピン支持体はセラミックで形成することが望ましく、ヒータ・ベDESTAL 628 の下の心棒 626 付近に伸長し、支持ピンの球状下部と選択的に係合する。

【0061】駆動アセンブリは、軸 630 および接続されたピン支持体 655 を上昇および下降させ、各処理領域 618、620 内でピンを上下に移動させる。ピン駆動部材は、ヒータ・ベDESTAL 628 に対するピン支持体プラットフォーム 655 の移動を制御するために、処理室 106 の底面に配置することが望ましい。

【0062】真空システムおよび処理室ポンプ
本発明の処理システム 100 の真空制御システムは、それぞれ独自の設定圧力を有するシステムの様々な領域に連結された複数の真空ポンプを含むことができる。しかし、1つの処理室または領域から別の処理室または領域にウェハを搬送するには、スリット弁を開ける必要があり、これは連結領域の環境を多少混合させたり、圧力を平衡させる。

【0063】図 22a は、本発明の真空システム 700 の概略図である。ロードロック室 112 および搬送室 104 は、ロードロック室および搬送室に隣接するシステムのメインフレーム 101 に取り付けられた真空ポンプ 121 を共用することが望ましい。ロードロック室 112 は、ロードロック室の本体を貫通して配置された排気口 280 を通して、ポンプ 121 により大気圧から真空排気される。圧力計 705 により示される搬送室 104 の真空圧は、ロードロック室 112 との連絡によって提供されるので、搬送室の圧力はつねにロードロック室の圧力と等しいかそれより高く、ロードロック室内に存在する微粒子が搬送室 104 内に引き込まれることはない。ロードロック室 112 の排気口 280 は、排気管路 704 を介しポンプ 121 に接続される。いつでもロードロック室の圧力を監視するために、排気管路 704 に沿って分離弁 (isolation valve) 708 の上流に圧力計 706 を配置する。分離弁 708 は、ロードロック室の圧力を調整するために、排気管路 704 の圧力計 706 とポンプ 121 の間に配置する。分離弁 708 とポンプ 121 の間で排気管路と連絡する真空スイッチ 710 も設ける。ポンプ 121 はあらゆるポンプが望ましいが、適用分野によって、ターボ分子ポンプや極低温ポンプなど、どんな種類のポンプでも使用できる。また、ロードロック室 112 や搬送室 104 に窒素などの通気ガスを導入するために、これらのチャンバにそれぞれガス通気管路 712、714 を接続する。

【0064】処理室 106 は、排気口 619 および排気管路 722 を介して、あらゆるポンプや極低温ポンプ、ターボ分子ポンプなどのポンプ 720 に接続する。動作中に処理室 106 の処理領域 618、620 の圧力調整するために、排気管路内にスロットル弁 724 または類

似物を配置する。真空計 728 に示された圧力に基づき、弁制御器 726、好ましくはシステム・コントローラの一部がスロットル弁 724 に制御信号を送信する。排気口 619 は各処理領域 (図 21 参照) と連絡し、各処理領域からの排気管路は、ポンプ 720 に接続された単一排気管路 722 に T 形接続することが望ましい。

【0065】本発明の 1 つの態様では、搬送室 104 に連絡しているスロットル弁および各処理室 106 およびロードロック室 112 の真空制御器は、ロードロック室またはいずれかの処理室 106 から搬送室に侵入する汚染物質の量を減少するような方法で作動する。本発明は、スリット弁を開けてロードロック室と隣接するチャンバとを連絡させる前に、ロードロック室の圧力を隣接するチャンバまたは領域の圧力と等しいかそれより高く、望ましくは高くする必要がある。ロードロック室の圧力は、正面端を開けたときだけ、大気圧より高くななければならない。ロードロック室の圧力は、真空状態の搬送室に対して開けたときは、搬送室より低くなければならない。搬送室 104 は処理室と連絡した状態に置かれたときに、汚染物質の度合いが特に大きくなるおそれがあるので、搬送室 104 の圧力は相対的に高くなること、特に重要である。例えば、処理室 106 の設定圧力が約 10^{-3} torr の場合、スリット弁を開いてウェハを処理室 106 に送り込んだり処理室 106 から取り出す前に、搬送室の圧力を 10^{-3} torr と等しいかそれより高くする必要があり、約 10^{-2} torr より高くすることが最も望ましい。

【0066】搬送室の圧力は、2通りの方法で制御される。第 1 に、搬送室の真空は、ロードロック室 112 と搬送室 104 の間のスリット弁を開け、次いでロードロック室 112 内を真空排気することによって達成される。この方法では、搬送室内の圧力はロードロック室の圧力より低くなることはなく、両者間のガス流は、搬送室からロードロック室 112 への方向に限られる。搬送室を処理室と連絡しない限り、搬送室とロードロック室の間のスリット弁は開けたままにしておくことができる。第 2 に、搬送室にアルゴンや窒素ガス源などからのバージ・ガス入口を設ける。バージ・ガスを搬送室に連続的に、または必要なときだけ送り込み、搬送室から正のガス流を生じさせるのに十分な高い圧力を達成することができる。

【0067】特に好適なモードでは、搬送室の圧力が処理室の圧力より低くなる可能性を回避するために、処理室 104 と処理室 106 の間でウェハを移送する間は、常にロードロック室 112 のスリット弁を閉じておく。搬送室の圧力の方が低くなると、処理室から何倍もの汚染物質が搬送室に、さらにロードロック室にも入り込む結果となり、それによりウェハのカセット全体が汚染物質に暴露される。

【0068】図 22b は、上述のデュアル・チャンバ・

ロードロックに効果的に使用できる2つのポンプ・システムの概略図を示す。この図から分かるように、2つの仕切室を一緒に、または選択的に所望の真空圧まで真空排気することができる。

【0069】ガス・ボックスおよびガスの供給システムの後部のチャンバの外に、堆積やクリーニング中に使用されるガスが含まれるガス供給パネルがある。使用される具体的なガスの種類は、ウェハに堆積する物質やチャンバから除去する材料によって異なる。処理ガスはガス導入口からガス・マニホールドへ流れ、次いでシャワー・ヘッド型ガス分配アセンブリを介してチャンバ内へ流入する。電動式弁および流量制御機構により、ガス供給源からチャンバまでのガスの流れを制御する。

本発明の1実施例では、ガス・ボックスからチャンバまで前駆ガスを送り込み、上述の通りそこでガス管路が2つの別個のガス管路に分岐し、チャンバ本体内にガスを供給する。プロセスの内容によって、この方法で何種類のガスでも送り込むことができ、ガスがチャンバの底部に送り込まれる前、またはガス分配板に導入された後のどちらにでも、ガスを混合することができる。

【0070】電源装置

各ガス分配システムに1つのシステムを接続し、各処理領域618、620に高度小型RF（“CRF”）電源システムを使用する。ENI社によって製造されたジェニシス・シリーズ（Genesis Series）の13.56MHzのRF発生器を、各チャンバごとに1台ずつ、システムの後部に設置する。この高周波発生器は固定整合回路（fixed match）と使用するように設計され、負荷に送られる電力を調整し、順方向電力および反射電力の懸念を払拭する。1:5以下のVSWRで最高1250Wまでの電力を負荷インピーダンスに供給することができる。高周波RF発生器および低周波RF発生器を処理室に接続するために、固定整合エンクロージャ（fixed match enclosure）の設計には低域フィルタが組み込まれている。

【0071】ENI社製の350kHzのRF発生器を、システムの後部のRF発生器用ラックに配置し、同軸ケーブルで固定RF整合回路に接続する。低周波RF発生器は、1つの小型エンクロージャで低周波の発生および固定整合要素の両方を提供する。低周波RF発生器は、負荷に送られる電力を調整し、順方向電力および反射電力に関する懸念を軽減する。

【0072】遠隔クリーニング・モジュール

図23および図24は、本発明の遠隔クリーニング・モジュール800の斜視図および断面図である。本発明による遠隔クリーニング・モジュール800は、入口820を介して処理室106の処理領域618、620に接続する。遠隔クリーニング・モジュール800は、一連の処理が行なわれた後で処理室の内部表面から堆積された材料を除去するために使用するガスを供給する。

【0073】遠隔クリーニング・モジュール800は、前駆ガス供給源804、処理室106の外に配置された遠隔活性化室806、遠隔活性化室内で前駆ガスを活性化するための電源装置808、電動式弁および流量制御機構810、および導管811を介して遠隔室を処理室に接続する導管または管812を含む。弁および流量制御機構810は、前駆ガス804から遠隔活性化室806まで使用者が選択した流速でガスを送り込む。活性化室806は、ガス供給管813が貫通するアルミニウム・エンクロージャを含む。電源装置808はマイクロ波を発生し、これは導波管805によってエンクロージャ803内に導入される。ガス供給管813はマイクロ波を透過するので、マイクロ波は管を突き抜けて前駆ガスを活性化し、反応性核種を生成し、これは次いで導管812を介してガス分配アセンブリに流入し、さらに処理室へ送られる。すなわち、上部電極すなわちシャワー・ヘッド608を用いて、反応ガスを処理室の処理領域に送り込む。上述の実施例では、遠隔室はセラミック管であり、電源は2.54GHzのマイクロ波発生器であり、その出力はこのセラミック管に送られる。

【0074】任意選択的に、微量キャリア・ガス源814を設け、別の弁および流量制御機構816を介して遠隔活性化室に接続することもできる。微量キャリア・ガスは、活性化された核種を成長室に移送するのを補助する。ガスは、使用される特定のクリーニング・プロセスと融和性のある任意の適切な非反応性ガスとすることができる。例えば、微量キャリア・ガスは、アルゴン、窒素、ヘリウム、水素、または酸素等とすることができる。活性化された核種を成長室に移送するのを補助する以外に、キャリア・ガスは、クリーニング・プロセスを補助したり、成長室におけるプラズマの発生および/または安定化を助けることもある。

【0075】上述の実施例では、導管または管にフィルタ818を設け、活性化された核種を成長室に送り込む前に、このフィルタを通す。フィルタは、反応性核種の活性化中に形成されたかもしれない微粒子を除去する。上述の実施例では、セラミック材で形成され、細孔径が約0.01ないし約0.03ミクロンのフィルタを使用する。いうまでもなく、他の材料、例えばテフロンを使用することもできる。

【0076】フィルタは、遠隔活性化室内における反応の副生物として発生した、望ましくなく物質を除去するために使用できるということに、留意されたい。例えば、反応ガスがCF₄またはSF₆または炭素かイオウを含有する他のハロゲン化合物である場合、活性化プロセスの副生物として、活性化された炭素またはイオウの核種が存在する。成長室は炭素やイオウが存在しない方が、一般的に望ましい。これは、活性化が完全に成長室内で行なわれる従来の乾式クリーニング・プロセスでは、これらの化合物が一般的に使用されないためであ

る。しかし、ここで述べるように活性化が遠隔的に行なわれる場合には、適切なフィルタ材を用いることによって、これらの物質を簡単に除去することができる。こうしたフィルタ材は市場で容易に入手することができ、当業者には周知である。

【0077】上述の実施例では、前駆ガスは NF_3 である。活性化核種の流速は毎分約0.5リットルないし約2リットルであり、チャンバの圧力は約0.5ないし約2.5 torrである。前駆ガスを活性化するために、マイクロ波電源装置は約500ないし約1500 Wattsを活性化室に供給する。成長室内では、RF電源が約100ないし約200 Wattsをプラズマに供給する。本システムに関して、これは上下電極間の電圧が約15ないし約20ボルトであることを示す。正確な電圧および電流は圧力によって異なる。すなわち、固定電圧を前提とすると、電流は圧力に正比例する。いかなる場合も、チャンバ内では穏やかなプラズマを生成するだけでよく、遠隔発生源からチャンバ内に導入された活性化核種を維持するだけの強さで充分である。

【0078】けい素(Si)、ドーブされた(doped)ケイ素、窒化ケイ素(Si_3N_4)、および酸化ケイ素(SiO_2)を成長させたチャンバは、 NF_3 ガスを供給ガスとして使用することにより、クリーニングすることができる。成長した膜のクリーニング速度は、窒化ケイ素の場合は約2ミクロン/分であり、ケイ素、ドーブされたケイ素、および酸化ケイ素の場合約1ミクロン/分である。これらのクリーニング速度は、13.56 MHzのRFで約1ないし2 KWの電力レベルによる局所プラズマだけを使用する従来のクリーニング・プロセスより2倍ないし4倍速い。

【0079】上述の実施例ではマイクロ波発生器を用いて前駆ガスを活性化するが、前駆ガスを活性化できるどんな電源装置でも使用することができる。例えば、遠隔プラズマおよび局所プラズマは両方とも、無線周波数(RF)およびマイクロ波(MW)を使用したDC放電技術を使用することができる。さらに、RF電源を使用する場合、それは、チャンバの内部に静電結合または容量結合することができる。活性化は、ごく一部の例を挙げると、熱を使用したガス分解技術、高密度光源、またはX線源などによって実行することもできる。一般に、反応ガスは、一般に使用されるハロゲンおよびハロゲン化合物をはじめ、幅広い選択肢の中から選択することができる。例えば、塩素、フッ素、またはこれらの化合物(例： NF_3 、 CF_4 、 SF_6 、 C_2F_6 、 CCl_4 、 C_2Cl_6 など)を反応ガスとすることができる。いうまでもなく、実際に使用する特定のガスは、除去しようとする堆積物質によって異なる。例えば、タングステン成長システムの場合、堆積したタングステンをエッチングおよび/または除去するために一般的に使用するのは、フッ素化合物のガスである。

【0080】局所プラズマを遠隔プラズマと併用するので、遠隔活性化室はチャンバから遠くに離して配置することができる。したがって、2つの遠隔源を局所源に接続する配管のみが必要である。移送中に、活性化された核種の一部クエンチング(すなわち活性化各種の不活化)が発生することがある。しかし、局所源は、そうしたクエンチングの発生を捕足する。実際、一部の寿命の長い活性化核種(例えば F^*)は、クエンチングを発生すると、一般に基底状態に戻らず、中間状態に移移する。したがって、クエンチングを発生した核種を再活性化するために必要なエネルギー量は、遠隔活性化室でガスを活性化するために必要なエネルギー量より、ずっと少なくすむ。したがって、局所活性化源(例えばプラズマ)は、高いエネルギー源を必要としない。

【0081】成長室から離れた位置に遠隔源を配置することにより、活性化プロセス中に生成された寿命の短いラジカルは、寿命の長いラジカル共々成長室に移送されるときに、寿命の長いラジカルより完全なクエンチングを生じる。したがって、成長室に流入する反応ガスは、移送後に残存した寿命の長いラジカルを主に含む。例えば、反応ガスが NF_3 である場合、遠隔活性化室では2種類のラジカル、すなわち N^* および F^* が生成される。窒素ラジカルは寿命が短く、フッ素ラジカルは寿命が長い。窒素ラジカルは一般的に、遠隔室から成長室までの長い移送の後では残存しないが、フッ素ラジカルは残存する割合が大きい。これは、システムで行なわれる非常に望ましい自然のフィルタリングの一形態である。例えば窒素ラジカルの場合、これが存在すると、ポンプを破壊するおそれのある $\text{N}_x\text{H}_y\text{F}_z$ 化合物が形成されるので、成長室にこれが存在しないことが望ましい場合がしばしばある。しかし、従来のクリーニング技術の場合のように、成長室内で活性化が行なわれると、生成される窒素ラジカルを除去する簡単な方法は無い。

【0082】乾式クリーニング・プロセスでは、性能を著しく低下させることなく、反応室の圧力としてかなり広い範囲の値を選択することができる。好適な圧力範囲は約0.1ないし約2 torrであるが、この範囲外の圧力を使用することもできる。さらに、上述の実施例のために選択した周波数は単なる実証例であって、本発明で利用できる周波数は、上述の実施例で使用した周波数に限定されない。例えば、RF電源に関連して、プラズマを発生させるために幅広い範囲の周波数(例：400 KHzないし13.56 MHz)が一般的に使用され、これらの周波数を本発明で使用することもできる。しかし、一般的に、選択された電力レベル、流速、および圧力は、システムに特定の値であり、したがって処理が実行される特定のシステムに対して最適化する必要があることを、理解する必要がある。特定のシステムで最適性能を達成するために処理条件を適切に調整することは、当業者の能力の範囲内である。

【0083】プログラミング

システム制御装置は、コンピュータのハードディスク・ドライブに保存されたコンピュータ・プログラムの制御下で作動する。コンピュータ・プログラムは、プロセスの順序およびタイミング、ガスの混合、チャンバの圧力、RF電力レベル、サセプタの位置決め、スリット弁の開閉、ウェハの加熱、および特定のプロセスのその他のパラメータを制御する。使用者とシステム制御装置との間のインタフェースは、図8に示すCRTモニタおよびライトペンを使用することが望ましい。好適な実施例では2台のモニタを使用し、1台はオペレータ用でクリーン・ルームの壁に取り付け、もう1台は保守整備技術者用で壁の後ろに取り付ける。両方のモニタが同じ情報を同時に表示するが、ライトペンは1本しか使用できない。ライトペンは、ペンの先端部にある光センサで、CRTディスプレイによって放出される光を検出する。特定の画面または機能を選択するには、オペレータがディスプレイ画面の指定領域に触れ、ペンのボタンを押す。ディスプレイ画面は一般に、例えばハイライトまたは色などでその外見を変化させるか、あるいは新しいメニューまたは画面を表示することにより、ライトペンと接触領域との間の相互連絡を確認する。

【0084】例えばシステム制御装置上で実行するコンピュータ・プログラム製品を使用して、様々なプロセスを実現することができる。コンピュータ・プログラム・コードは、例えば68000アセンブリ言語、C、C++、またはパスカルなど、従来のコンピュータが読取り可能などのプログラミング言語でも書くことができる。適切なプログラム・コードを、従来のテキスト・エディタを用いて単一のファイルまたは複数のファイルに入力し、コンピュータのメモリ・システムなどコンピュータが使用可能な媒体に保存または収容する。入力したコードが高水準言語である場合には、コードはコンパイルされ、その結果得られるコンパイル・コードが事前にコンパイルされたライブラリ・ルーチンのオブジェクト・コードに連結される。連結されたコンパイル・オブジェクト・コードを実行する場合は、システム・ユーザがオブジェクト・コードを呼び出すと、コンピュータ・システムがコードをメモリにロードし、そこからCPUがコードを読み出して実行し、プログラムに識別されたタスクを実行する。

【0085】図25は、コンピュータ・プログラム1410の好適な階層型制御構造の例証ブロック図である。ユーザは、CRTモニタに表示されるメニューまたは画面に回答し、ライトペン・インタフェースを使用することによって、プロセス・セット番号および処理室番号をプロセス選択サブルーチン1420に入力する。プロセス・セットは、指定されたプロセスを実行するために必要な予め定められた組のプロセス・パラメータを提示し、予め定められたセット番号によって識別される。プロセ

ス選択サブルーチン1420は、(i) 所望の処理室、および(ii) その処理室を動作して所望のプロセスを実行するために必要な所望の組のプロセス・パラメータを識別する。特定のプロセスを実行するためのプロセス・パラメータは、例えば処理ガスの組成、流速、温度、圧力、RFバイアス電力レベルや磁界電力レベルなどのプラズマ状態、冷却ガスの圧力、および処理室の壁の温度などのプロセス条件に関連し、レシピの形でユーザに提示される。レシピによって指定されるパラメータは従来の方法で入力するが、ライトペン/CRTモニタ・インタフェースを利用する方法が最も望ましい。

【0086】プロセスを監視するために様々な計器や装置から出力される電子信号は、システム制御装置のアナログ入力基板やデジタル入力基板を介してコンピュータに入力される。ポーリングなど、従来の処理室監視方法を使用することもできる。さらに、様々なプロセス制御装置または機器を操作する電子信号は、システム制御装置のアナログ出力基板やデジタル出力基板を介して出力される。これらの監視および制御用の機器の数量、種類、および設置は、システムの特定の最終目的や所望のプロセス制御の程度によって、システムごとに異なる。特定の用途に最適な種類の熱電対など、特定の機器の仕様または選択は当業者には周知である。

【0087】プロセス順序付けサブルーチン1430は、プロセス選択サブルーチン1420から識別された処理室番号およびプロセス・パラメータの組を受け入れ、様々な処理室の動作を制御するためのプログラム・コードで構成される。複数のユーザがプロセス・セット番号や処理室番号を入力することができ、また1人のユーザが複数の処理室番号を入力することができるので、順序付けサブルーチン1430は、選択されたプロセスを所望の順序で実行するように計画するために作動する。プロセス順序付けサブルーチン1430は、(i) 処理室の動作を監視して、処理室が使用されているか否かを決定する段階、(ii) 使用中の処理室でどのプロセスが実行中であるかを決定する段階、および(iii) 処理室の利用可能性および実行されるプロセスの種類に基づき、所望のプロセスを実行する段階を実行するためのプログラム・コードを含む。どのプロセスを実行するかを計画するとき、順序付けサブルーチン1430は、使用する処理室の現在の条件と選択されたプロセスのために望ましいプロセス条件の比較、または要求を入力した特定のユーザの「エージ(age)」、または計画の優先度を決定するために含めることが望ましいシステム・プログラムのその他の関連要素を考慮するように設計することができる。

【0088】順序付けサブルーチン1430がどの処理室とプロセス・セットの組み合わせを次に実行するかを決定すると、順序付けサブルーチン1430は、特定のプロセス・セット・パラメータをチャンバ管理サブルー

テン1440a-cに渡すことによって、プロセス・セットを実行させ、チャンバ管理サブルーチンは、順序付けサブルーチン1430によって決定されたプロセス・セットに従って、処理室106における複数のプロセス・タスクを制御する。例えば、チャンバ管理サブルーチン1440aは、処理室106内でのスパッタリングおよびCVDプロセス動作を制御するプログラム・コードで構成される。チャンバ管理サブルーチン1440はまた、選択されたプロセス・セットを実行するために必要なチャンバ構成部品の動作を制御する様々なチャンバ構成部品サブルーチンの実行も制御する。チャンバ構成部品サブルーチンの例として、ウェハ配置サブルーチン1450、処理ガス制御サブルーチン1460、圧力制御サブルーチン1470、ヒータ制御サブルーチン1480、およびプラズマ制御サブルーチン1490などがある。当業者は、処理室106でどんなプロセスを実行したいかによって、その他のチャンバ制御サブルーチンを含めることができることを理解されるであろう。動作中、チャンバ管理サブルーチン1440aは、実行される特定のプロセス・セットに従って、プロセス構成部品サブルーチンを選択的に計画したり、呼び出す。チャンバ管理サブルーチン1440aは、順序付けサブルーチン1430がどの処理室106およびプロセス・セットを次に実行するかを計画するのと同様の方法で、プロセス構成要素サブルーチンを計画する。一般的に、チャンバ管理サブルーチン1440aは、様々なチャンバ構成部品を監視する段階、実行するプロセス・セットの処理パラメータに基づき、どの構成部品を操作する必要があるかを決定する段階、および監視および決定段階に回答してチャンバ構成部品サブルーチンを実行させる段階を含む。

【0089】次に、図25に関連して、特定のチャンバ構成部品サブルーチンの動作について説明する。ウェハ配置サブルーチン1450は、ウェハをベDESTAL628に載置し、任意選択的にウェハを処理室106内で所望の高さまで上昇させ、ウェハとシャワー・ヘッド642の間隔を制御するために使用するチャンバ構成部品を制御するためのプログラム・コードで構成される。ウェハが処理室106に取り込まれると、ベDESTAL628が下降し、リフト・ピン・アセンブリが上昇してウェハを受け取り、その後、ベDESTAL628が、例えばCVDプロセス中にガス分配マニホールドから第1距離または間隔の位置にウェハを保持するために、チャンバ内の所望の高さ（例えば）まで上昇する。動作中、ウェハ配置サブルーチン1450は、チャンバ管理サブルーチン1440aから転送された支持体の高さに関連するプロセス・セット・パラメータに回答して、リフト・アセンブリおよびベDESTAL628の動きを制御する。

【0090】プロセス・ガス制御サブルーチン1460は、処理ガス組成および流量を制御するためのプログラ

ム・コードを含む。処理ガス制御サブルーチン1460は、安全遮断弁の開閉位置を制御し、かつ質量流量制御装置を上下することにより、所望のガス流量を達成する。処理ガス制御サブルーチン1460は、全てのチャンバ構成部品サブルーチンと同様に、チャンバ管理サブルーチン1440aによって呼び出され、チャンバ管理サブルーチンから所望のガス流量に関連するプロセス・パラメータを受け取る。一般的に、処理ガス制御サブルーチン1460は、ガス源と処理室106のガス供給管路との間の単一制御弁を開け、繰り返し(i)質量流量を測定し、(ii)実際の流量とチャンバ管理サブルーチン1440aから受け取った所望の流量とを比較し、(iii)必要に応じて主ガス供給管路の流量を調整することによって作動する。さらに、処理ガス制御サブルーチン1460は、ガス流量が危険な流速でないかを監視し、危険な状態を検出したときは安全遮断弁を起動する段階をも含む。

【0091】プロセスによっては、反応性処理ガスを処理室106に導入する前、にアルゴンなどの不活性ガスを処理室106に導入し、室内の圧力を安定させる。これらのプロセスを実行する場合は、室内の圧力を安定させるために必要な時間の量だけ不活性ガスを処理室106に流入させる段階を含めるように処理ガス制御サブルーチンをプログラムすると、上述の段階が実行される。さらに、例えばテトラエチルオルソシラン(TEOS)などの液体前駆物質から処理ガスを気化させる場合、気泡発生アセンブリ(bubbler assembly)で液体前駆物質からヘリウムなどの供給ガスを発生させる段階を含めるように、プロセス管理サブルーチン1460を作成する。この種のプロセスについては、処理ガス制御サブルーチン1460が、所望の処理ガス流量を達成するために、供給ガスの流量、気泡発生装置の圧力、および気泡発生装置の温度を調整する。上述の通り、所望の処理ガス流量は、プロセス・パラメータとして処理ガス制御サブルーチン1460に転送される。さらに、処理ガス制御サブルーチン1460は、任意の処理ガス流量に対し必要な値を包含する保存データ・テーブルにアクセスすることにより、所望の処理ガス流量を達成するために必要な供給ガスの流量、気泡発生装置の圧力、および気泡発生装置の温度を入手する段階を含む。いったん必要な値を入手すると、供給ガスの流量、気泡発生装置の圧力、および気泡発生装置の温度を監視し、必要な値と比較し、それによって調整する。

【0092】圧力制御サブルーチン1470は、処理室の排気システムのスロットル弁の開口サイズを調整することにより、処理室106内の圧力を調整するプログラム・コードで構成される。スロットル弁の開口サイズを変化させ、処理ガス総流量、処理室のガス包含容量、および排気システムの真空排気設定圧力に関連して、処理室の圧力を所望のレベルに制御する。圧力制御サブルー

チン 1470 を呼び出すと、チャンバ管理サブルーチン 1440 a から所望の設定圧力レベルがパラメータとして渡される。圧力制御サブルーチン 1470 は、処理室に接続された 1 つ以上の従来の圧力マノメータを用いて処理室 106 の圧力を測定し、測定値を設定圧力と比較し、設定圧力に対応する保存された圧力テーブルから PID (比例、積分、および微分) 制御パラメータを入手し、圧力テーブルから入手した PID 値に従ってスロットル弁を調整するように作動する。代替的に、圧力制御サブルーチン 1470 は、スロットル弁を特定の開口サイズまで開閉して、処理室 106 を所望の圧力まで調整するように作成することもできる。

【0093】ヒータ制御サブルーチン 1480 は、ウェハ 502 を加熱するために使用するランプまたはヒータ・モジュールの温度を制御するプログラム・コードで構成される。ヒータ制御サブルーチン 1480 もまた、チャンバ管理サブルーチン 1440 a によって呼び出され、所望の温度または設定温度パラメータを受け取る。ヒータ制御サブルーチン 1480 は、ペDESTAL 628 に配置された熱電対の電圧出力を測定することによって温度を決定し、測定温度と設定温度を比較し、ヒータに印加される電流を増減することによって設定温度を達成する。温度は、保存された変換テーブルの対応する温度を研削するか、または 4 次多項式を使用して温度を計算することによって、測定電圧から入手する。放射ランプ (radiant lamp) を使用してペDESTAL 628 を加熱する場合、ヒータ制御サブルーチン 1480 はランプに印加する電流の増減を徐々に制御する。徐々に増減することにより、ランプの寿命および信頼性が高まる。さらに、プロセスの安全性コンプライアンスを検出するために内蔵フェイルセーフ・モードを設けることができ、処理室 106 が適正に準備設定されない場合、ランプまたはヒータ・モジュールの動作を停止することができる。

【0094】プラズマ制御サブルーチン 1490 は、処理室 106 内のプロセス電極に印加される RF バイアス電圧電力レベルを設定し、任意選択的に処理室内に発生する磁界のレベルを設定するプログラム・コードで構成される。上述のチャンバ構成部品サブルーチンと同様に、プラズマ制御サブルーチン 1490 もチャンバ管理サブルーチン 1440 a によって呼び出される。

【0095】以上、本発明のシステムをプラズマ・エンハンスド CVD の適用例に関連して説明したが、本発明は、高密度 (HDP) CVD 室や PVD 室およびエッチング室の使用をも含むことを理解されたい。例えば、本発明のシステムは、プラズマ処理用のタンデム HDP CVD 室を含めるように適応することができる。1 つの代替実施例では、ガス分配/蓋アセンブリの代わりにドームの周囲に誘導コイルを配置した誘電体ドームを使用し、コイルに RF 電源を接続して、処理室内で高密度プラズマの誘導結合を生じさせることができる。同様に、

堆積材料源としてターゲット・アセンブリを配置したタンデム PVD 室を構成し、ターゲット・アセンブリに DC 電源を接続して、スパッタリング電力を供給することができる。

【0096】以上の説明は本発明の好適な実施例に向けられているが、本発明の基本的範囲から逸脱することなく、本発明の他の実施例を考案することができる。本発明の範囲は、請求の範囲によって決定される。

【図面の簡単な説明】

【図 1】ノベラス・コーポレーションから入手可能なバッチ処理用の放射状クラスタ・ツールの略平面図である。

【図 2】(A) は、マットソン・テクノロジー社から入手可能なバッチ処理用の直線クラスタ・ツールの略平面図である。(B) は、マットソン・テクノロジー社から入手可能なバッチ処理用の直線クラスタ・ツールの略側面図である。

【図 3】複数の枚葉式ウェハ処理チャンバを有するクラスタ・ツールの略平面図である。

【図 4】本発明の真空処理システムの 1 実施例の斜視図である。

【図 5】本発明の真空処理システムの 1 実施例の略平面図である。

【図 6】本発明の真空処理システムの 1 実施例の正面図である。

【図 7】本発明の真空処理システムの 1 実施例の背面図である。

【図 8】本発明の前置ローディング・システムの斜視図である。

【図 9】本発明のロードロック室内部の実質的正面斜視図である。

【図 10】本発明のロードロック室の断面図である。

【図 11】ロードロック室の正面に取り付けられたゲート・バルブおよび作動アセンブリを示すロードロック室の斜視図である。

【図 12】本発明のロードロック室の別の実施例の斜視図である。

【図 13】内部に搬送ウェハ・ハンドリング部材が配置された搬送室と、2 つのウェハ・カセットを有する前置プラットフォームと、ウェハのマッピングおよびセンタリングのために前置プラットフォームに取り付けられた前置ウェハ・ハンドリング部材とを示す本発明の平面図である。

【図 14】本発明の搬送室の側面断面図である。

【図 15】搬送室および処理室の平面図であり、搬送室に取り付けられた本発明のウェハ・ハンドリング部材が引っ込んだ位置にあって搬送室内での回転または他のチャンバへの伸長が実行可能な状態を示す。

【図 16】搬送室および処理室の平面図であり、搬送室に取り付けられた本発明のウェハ・ハンドリング部材が

伸長した位置にあって、ブレードが処理室内に配置されている状態を示す。

【図17】本発明のウェハ・ハンドリング・システムの磁気結合による作動アセンブリの断面図である。

【図18】本発明の処理室の1実施例の斜視図である。

【図19】本発明の処理室の1実施例の断面図である。

【図20】ガス分配アセンブリの分解図である。

【図21】蓋を取り外した状態の本発明の処理室の平面図である。

【図22】(A)は、本発明の真空システムの概略図である。(B)は、本発明の別の真空システムの概略図である。(C)は、本発明の別の真空システムの概略図である。

【図23】処理室に取り付けられた遠隔プラズマ室の斜視図である。

【図24】処理室に取り付けられた遠隔プラズマ室の断面図である。

【図25】プロセス制御用のコンピュータ・プログラムの階層的制御構造の例証ブロック図である。

【図26】本発明のロボットの最短時間経路を示す搬

送室の平面図である。

【図27】図26に示す経路の最適速度分布を示すグラフである。

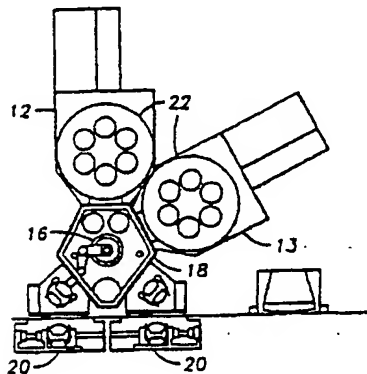
【図28】本発明のロボットの最短時間経路を示す搬送室の平面図である。

【図29】図28に示す経路の最適速度分布を示すグラフである。

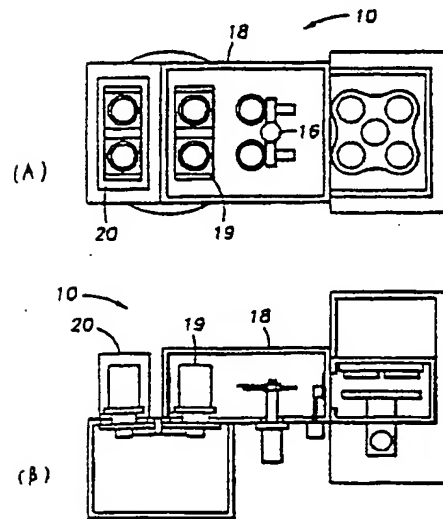
【符号の説明】

- 100…処理システム
- 103…ガス・パネル
- 104…搬送室
- 105…配電盤
- 107…発電機
- 109…ウェハ・カセット
- 110…プラットフォーム
- 111…ウェハ・カセット回転台
- 112…ロードロック室
- 121…真空ポンプ
- 218…ロードロック・カセット

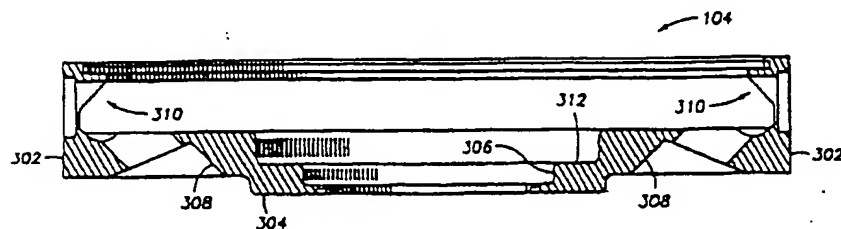
【図1】



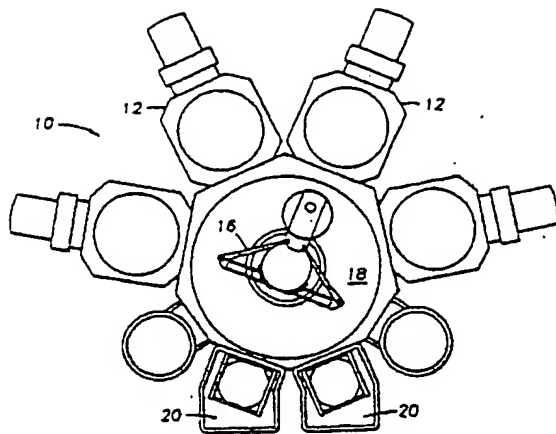
【図2】



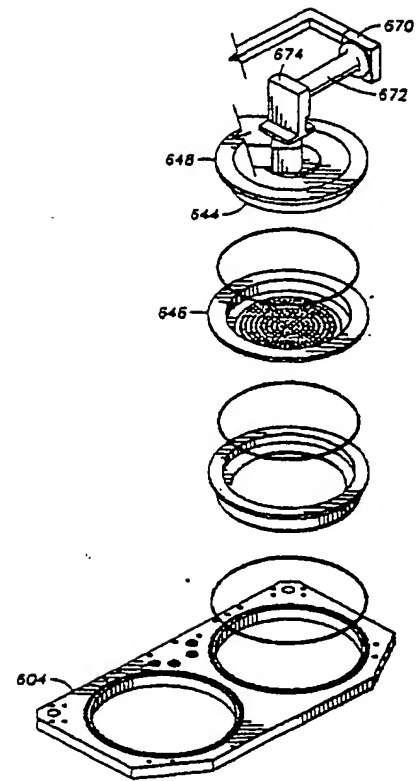
【図14】



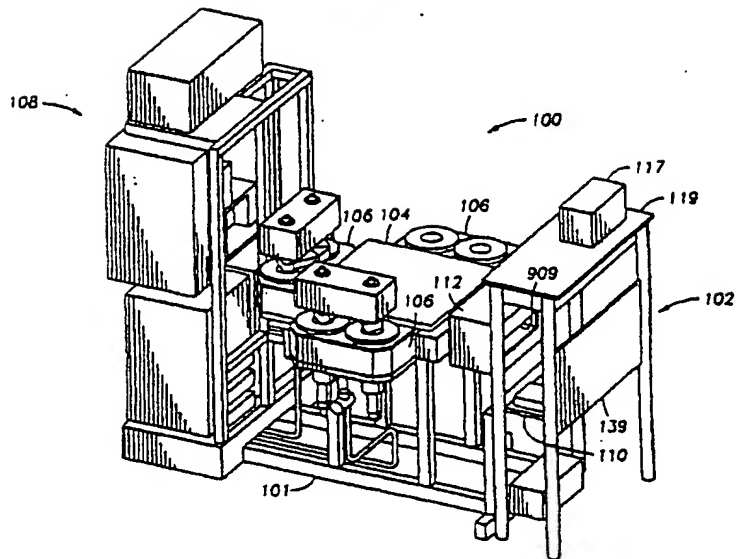
【図3】



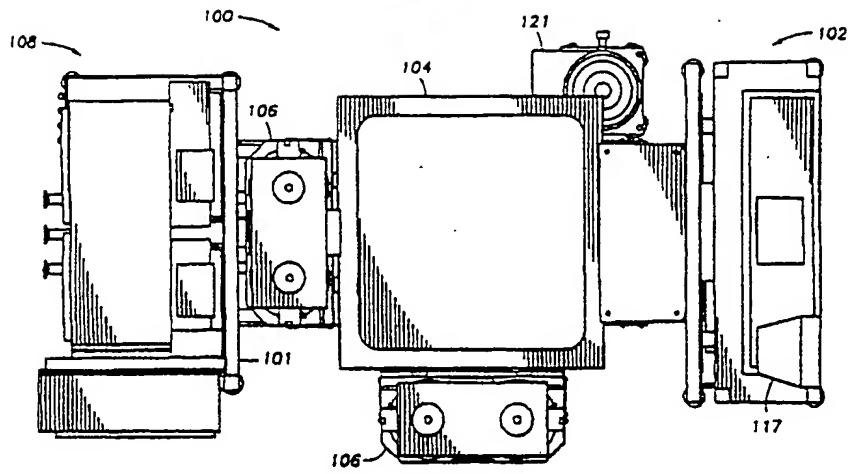
【図20】



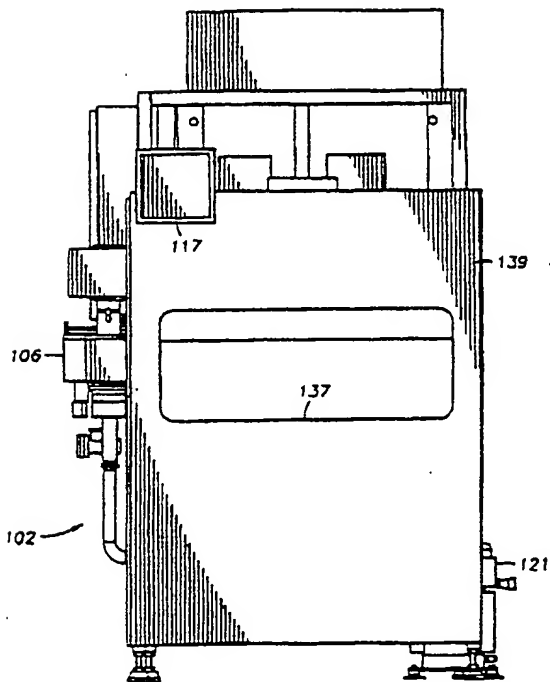
【図4】



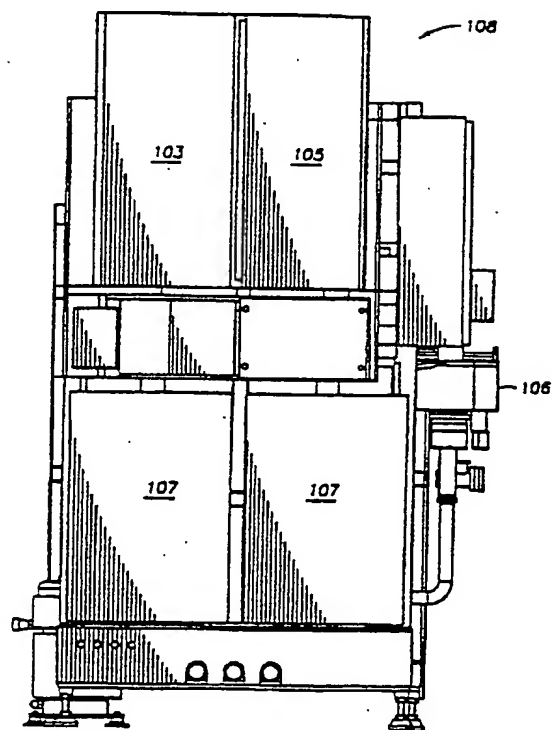
【図 5】



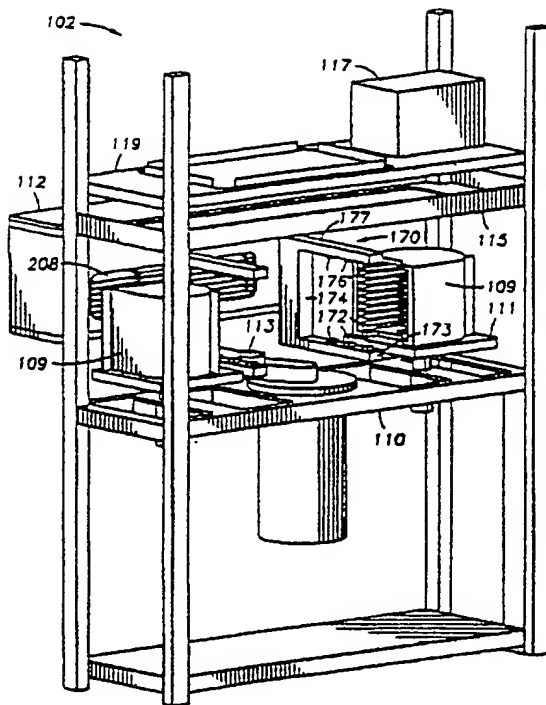
【図 6】



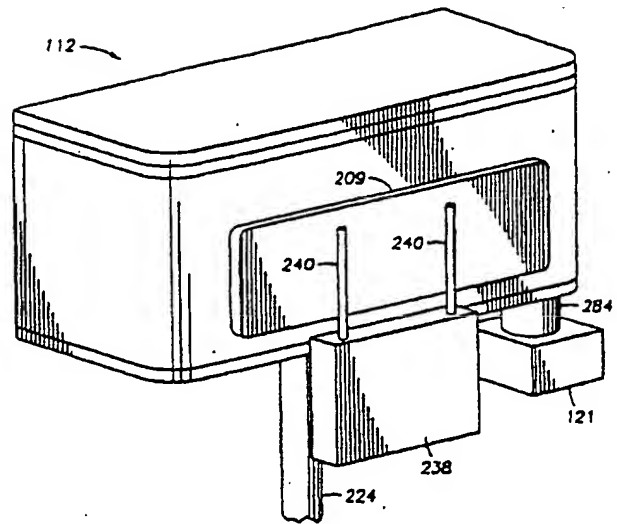
【図 7】



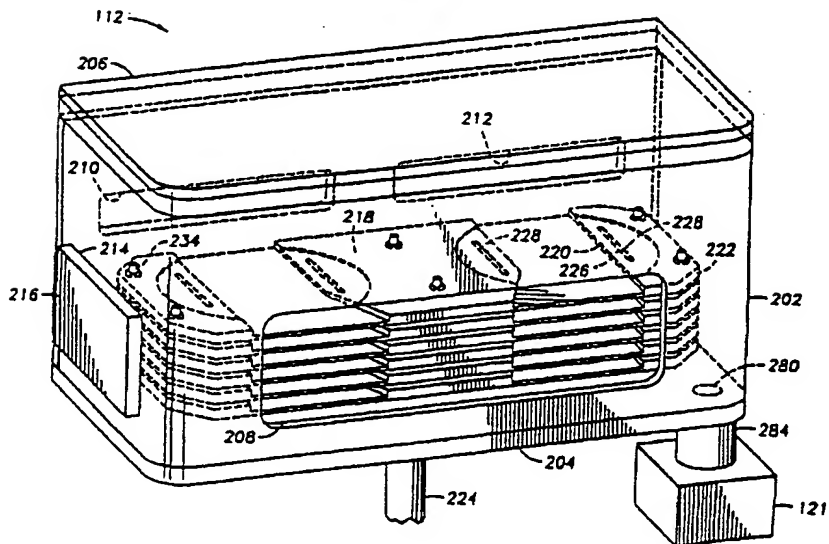
【図 8】



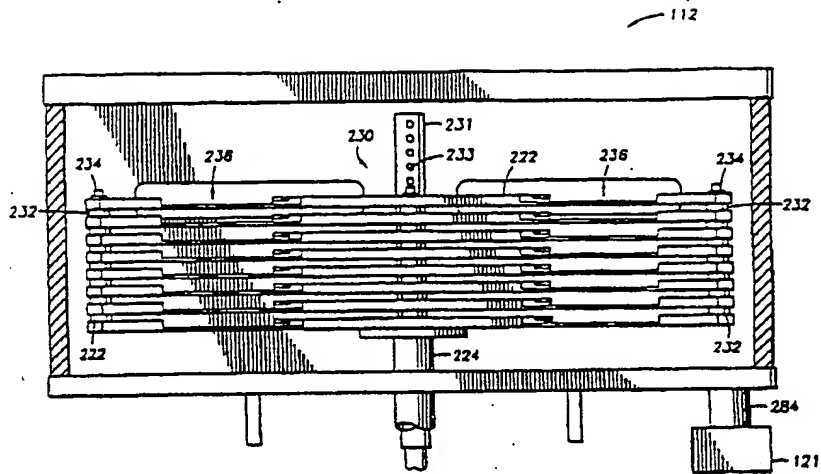
【図 11】



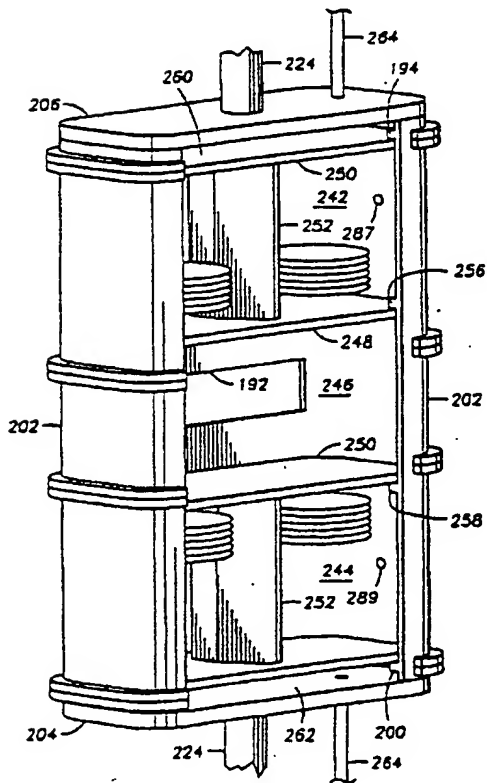
【図 9】



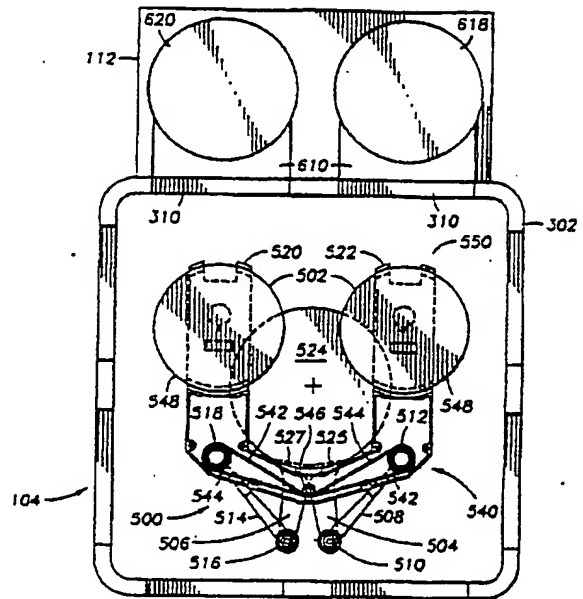
【図10】



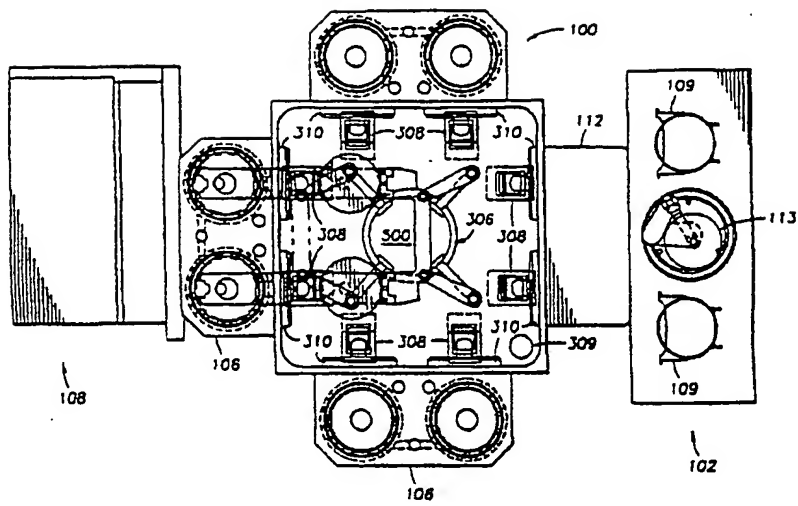
【図12】



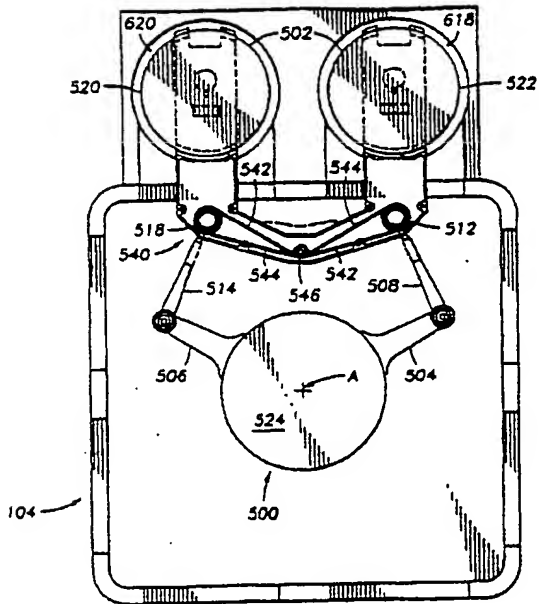
【図15】



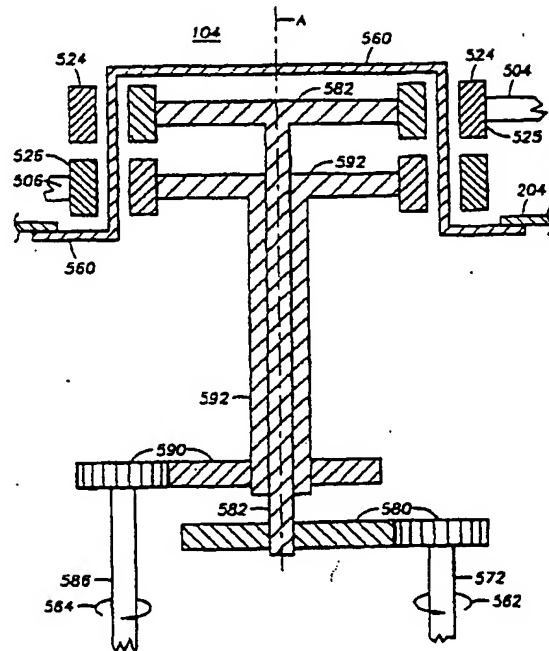
【図 13】



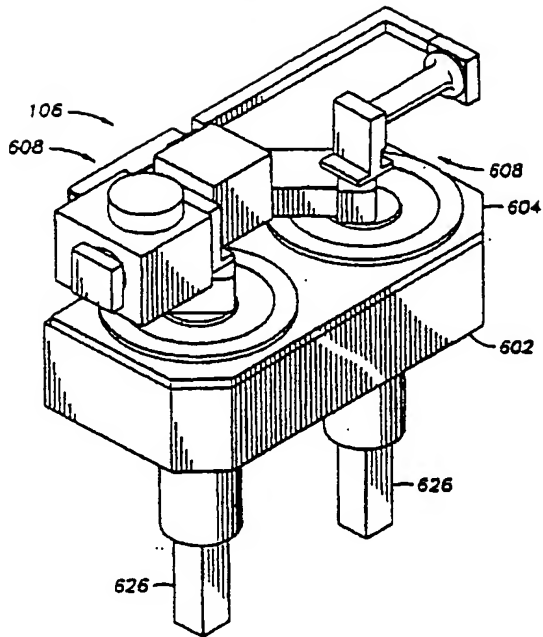
【図 16】



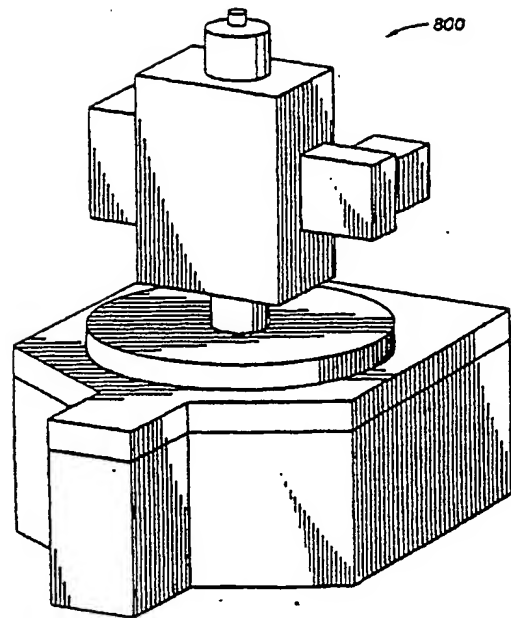
【図 17】



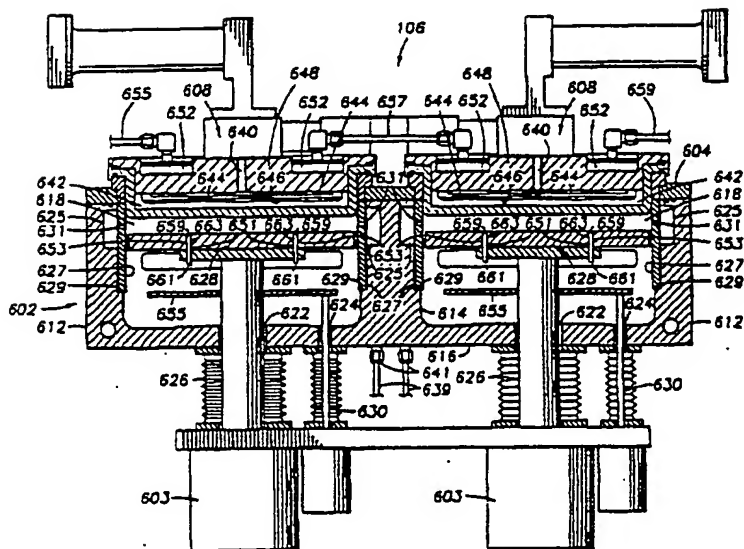
【図18】



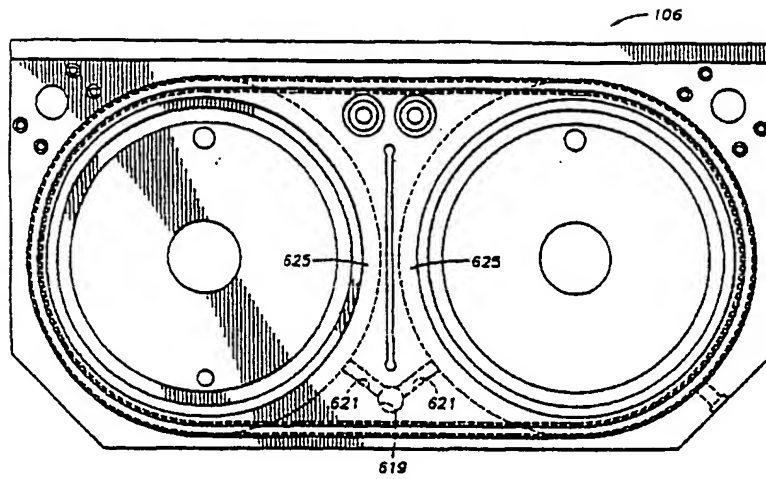
【図23】



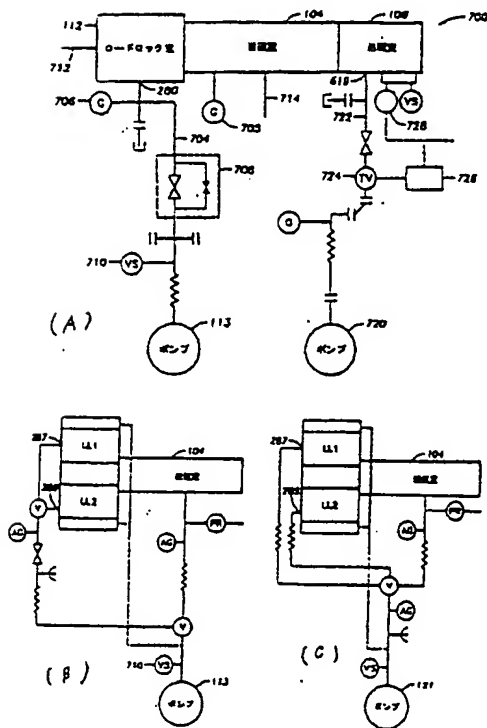
【図19】



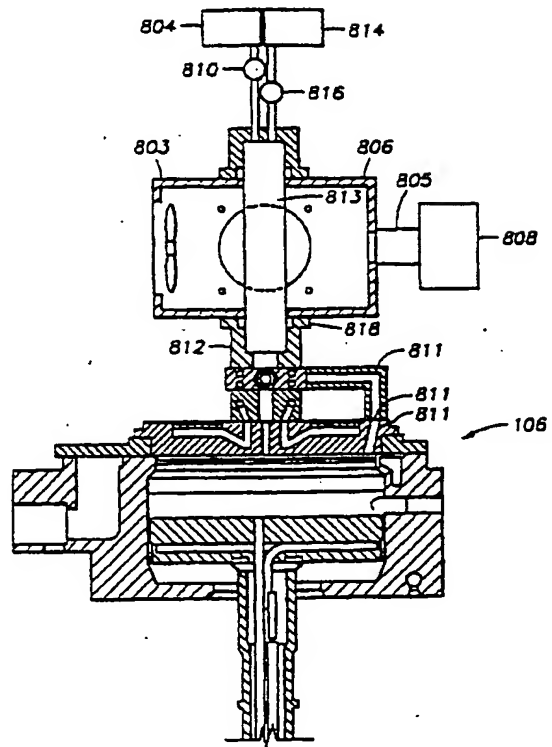
【図21】



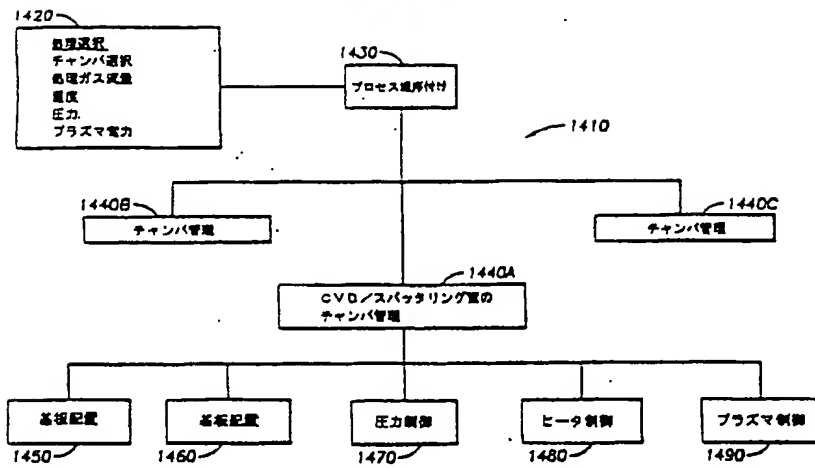
【図22】



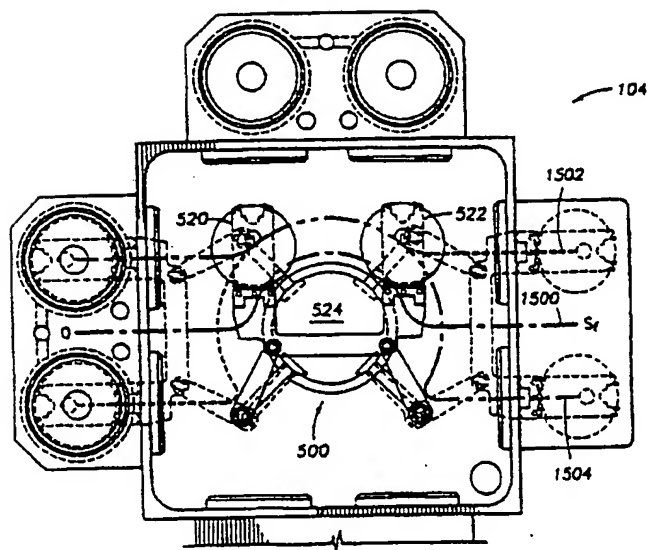
【図24】



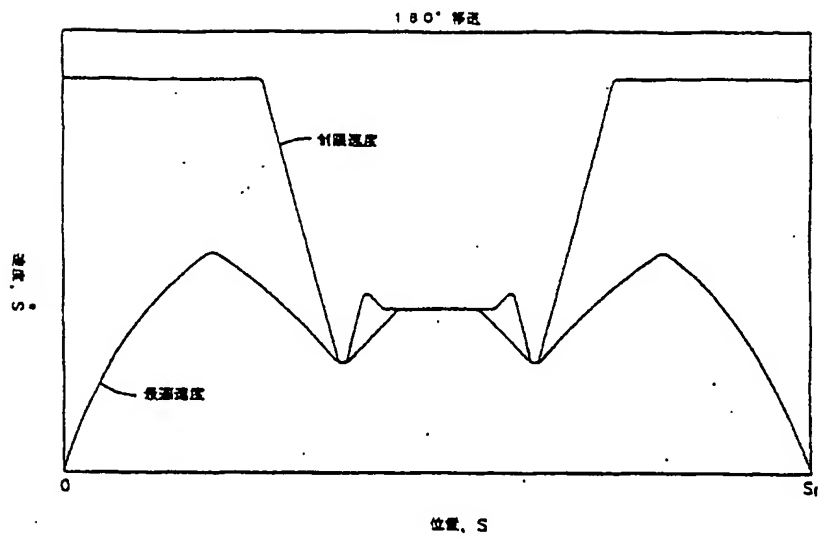
【図25】



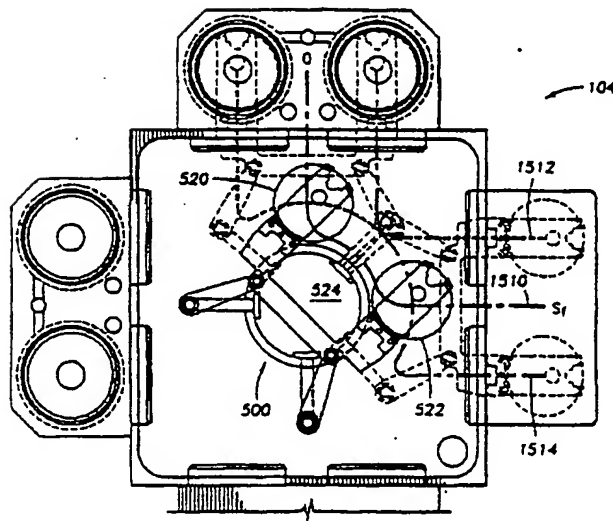
【図26】



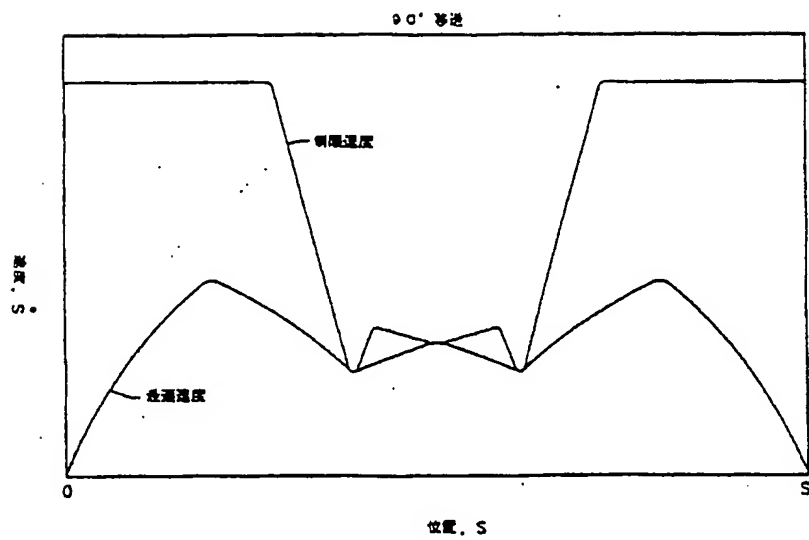
【図27】



【図28】



【図29】



フロントページの続き

(72) 発明者 クリストファー レーン
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州、
 サン ノゼ、アルマデン ロード
 1776、ナンバー1906

(72) 発明者 サティシュ スンダー
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州、
 マウンテン ヴュー、ノース ウィスマ
 ン ロード 100、ナンバー313

(72) 発明者 ケリー コルボーン
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州、
 サン ノゼ、トゥリップ ロード 2326

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.